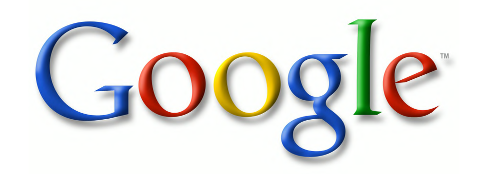


DIE LEHRE

VOM

ARTERIENPULS

NACH

EIGENEN VERSUCHEN UND BEOBACHTUNGEN

DARGESTELLT

VON

DR. LEONARD LANDOIS,
A. Ö. PROFESSOR DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD.

Mit 193 eingedruckten Holzschnitten.

BERLIN, 1872.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD.
Unter den Linden No. 68.



DIE LEHRE

VOM

ARTERIENPULS

NACH

EIGENEN VERSUCHEN UND BEOBACHTUNGEN

DARGESTELLT

VON

DR. LEONARD LANDOIS,

A. Ö. PROFESSOR DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD.

Mit 193 eingedruckten Holzschnitten.

BERLIN, 1872.

VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD.

Unter den Linden No. 68.



Vorwort.

Das vorliegende Werk war bereits in seinen Haupttheilen fertig im Sommer des Jahres 1870, als der plötzlich ausbrechende Krieg den Beginn des Druckes hindern sollte. Ich selbst fühlte mich veranlasst, freiwillig die friedlich wissenschaftliche Beschäftigung mit der practisch ärztlichen Thätigkeit auf dem Schlachtfelde und im Lager zu vertauschen und war dreiviertel Jahr als Feldstabsarzt beim 84sten Regimente thätig, mit welchem ich an der Belagerung und Einnahme von Metz, sowie an den grossen Schlachten von Orléans und Le Mans Theil nahm. Erst gegen Pfingsten 1871 kehrte ich zurück. Nochmals wurde Alles durchgearbeitet und noch hie und da ein neuer Versuch eingeschaltet.

Was die Arbeit selbst anbetrifft, so liegt das Hauptgewicht derselben in der Bestimmung der Form der Pulsbewegung. In dieser Beziehung habe ich zuerst nachgewiesen, dass dieselbe ausser dem sogenannten dikrotischen Nachschlage noch Bewegungserscheinungen aufweist, welche von der Schwingung der gespannten elastischen Arterienwand herrühren und die ich desshalb Elasticitätsschwingungen genannt habe.

In der Bestimmung der Form der Pulsbewegung liegt überhaupt der Schwerpunkt der ganzen Lehre vom Pulse. In dieser Beziehung weichen die Arbeiten von Vierordt, Marey und mir sehr auseinander. Vierordt glaubte, die Pulsbewegung bewirke eine einfache Ausdehnung und Zusammenziehung der Schlagaderwand.

Marey, und schon vor ihm Chelius, zeigten, dass der normale Puls ein dikrotischer sei. Aber wohl selten hat das Wort Goethe's: „einer neuen Wahrheit ist nichts schädlicher als ein alter Irrthum“ sich durchgreifender bewährt, als in der Pulslehre seit Marey. Das war der alte Irrthum, dass der dikrotische Puls stets ein krankhafter sei. Ich habe stets gegen ihn angekämpft, bis ich die zweite Art der Bewegung an der Pulscurve entdeckte. Wider sie streitet kein alter Irrthum, aber Zweifler werden sich sicherlich gegen sie erheben. Und diese möchte ich inständig bitten, die Versuche, welche ich mittheile und die so sehr leicht zu wiederholen sind, nachzumachen, und sie werden überzeugt werden. —

Die Grenzen und die Beschränktheit meiner Arbeit kennt Niemand besser und tiefer als ich selber.

Die Pulsbewegung in allen ihren Beziehungen zu bestimmen und auf mathematische Gesetze zurückzuführen, ist ein Gegenstand voll von ausserordentlichen Schwierigkeiten, vor denen selbst das Genie eines Euler zurückwich.

Wir stehen erst am Anfange. Noch viele strebsame und klarblickende Geister werden ihren Scharfsinn an den vielfältigen Problemen versuchen müssen. Aber „je weiter man in der Er-

fahrung fortrückt, desto näher kommt man dem Unerforschlichen.“

Was die dem Texte eingedruckten Curven anlangt, so sind die den elastischen Schläuchen entnommenen fast sämmtlich mit meinem Angiographen verzeichnet, die von der lebenden Schlagader hingegen fast alle mit dem Marey'schen Sphygmographen. Man wolle hierin keine Inconsequenz erblicken, sondern vielmehr die Absicht des Verfassers, die Leistungen beider Instrumente nebeneinander zu stellen. Das Genauere über letztere liefert die eingehende Beurtheilung in den folgenden Blättern.

Ich habe mich bei der Darstellung der Pulsbewegungen natürlich vorzugsweise an das Normale, Physiologische gehalten. Den pathologischen Pulsformen ist indessen daneben stets die gebührende Rücksicht gezollt, sofern sie eine Erläuterung der Gesammterscheinungen bieten. Dagegen habe ich es unterlassen, von allen möglichen Krankheiten Pulsbilder mitzutheilen, da es denselben in den meisten Fällen an charakteristischen Zügen gebricht.

Für Wen das Buch bestimmt sei? — Zunächst glaube ich, dass dasselbe dem wissenschaftlich gebildeten, auf seine eigene Belehrung und auf den Fortschritt unserer Wissenschaft bedachten Arzte nicht unerwünscht sein kann. Er gewinnt eine neue Bereicherung der physikalisch - diagnostischen Untersuchung, welche den üblichen Methoden in hohem Maasse ebenbürtig ist. Die englischen und französischen Aerzte haben bereits seit Jahren in umfassender Weise den Sphygmographen mit Erfolg bei ihren diagnostischen Untersuchungen zu Rathe gezogen.

In der Bestimmung der Form der Pulsbewegung liegt überhaupt der Schwerpunkt der ganzen Lehre vom Pulse. In dieser Beziehung weichen die Arbeiten von Vierordt, Marey und mir sehr auseinander. Vierordt glaubte, die Pulsbewegung bewirke eine einfache Ausdehnung und Zusammenziehung der Schlagaderwand.

Marey, und schon vor ihm Chelius, zeigten, dass der normale Puls ein dikrotischer sei. Aber wohl selten hat das Wort Goethe's: „einer neuen Wahrheit ist nichts schädlicher als ein alter Irrthum" sich durchgreifender bewährt, als in der Pulslehre seit Marey. Das war der alte Irrthum, dass der dikrotische Puls stets ein krankhafter sei. Ich habe stets gegen ihn angekämpft, bis ich die zweite Art der Bewegung an der Pulscurve entdeckte. Wider sie streitet kein alter Irrthum, aber Zweifler werden sich sicherlich gegen sie erheben. Und diese möchte ich inständig bitten, die Versuche, welche ich mittheile und die so sehr leicht zu wiederholen sind, nachzumachen, und sie werden überzeugt werden. —

Die Grenzen und die Beschränktheit meiner Arbeit kennt Niemand besser und tiefer als ich selber.

Die Pulsbewegung in allen ihren Beziehungen zu bestimmen und auf mathematische Gesetze zurückzuführen, ist ein Gegenstand voll von ausserordentlichen Schwierigkeiten, vor denen selbst das Genie eines Euler zurückwich.

Wir stehen erst am Anfange. Noch viele strebsame und klarblickende Geister werden ihren Scharfsinn an den vielfältigen Problemen versuchen müssen. Aber „je weiter man in der Er-

fahrung fortrückt, desto näher kommt man dem Unerforschlichen."

Was die dem Texte eingedruckten Curven anlangt, so sind die den elastischen Schläuchen entnommenen fast sämmtlich mit meinem Angiographen verzeichnet, die von der lebenden Schlagader hingegen fast alle mit dem Marey'schen Sphygmographen. Man wolle hierin keine Inconsequenz erblicken, sondern vielmehr die Absicht des Verfassers, die Leistungen beider Instrumente nebeneinander zu stellen. Das Genauere über letztere liefert die eingehende Beurtheilung in den folgenden Blättern.

Ich habe mich bei der Darstellung der Pulsbewegungen natürlich vorzugsweise an das Normale, Physiologische gehalten. Den pathologischen Pulsformen ist indessen daneben stets die gebührende Rücksicht gezollt, sofern sie eine Erläuterung der Gesammterscheinungen bieten. Dagegen habe ich es unterlassen, von allen möglichen Krankheiten Pulsbilder mitzutheilen, da es denselben in den meisten Fällen an charakteristischen Zügen gebricht.

Für Wen das Buch bestimmt sei? — Zunächst glaube ich, dass dasselbe dem wissenschaftlich gebildeten, auf seine eigene Belehrung und auf den Fortschritt unserer Wissenschaft bedachten Arzte nicht unerwünscht sein kann. Er gewinnt eine neue Bereicherung der physikalisch - diagnostischen Untersuchung, welche den üblichen Methoden in hohem Maasse ebenbürtig ist. Die englischen und französischen Aerzte haben bereits seit Jahren in umfassender Weise den Sphygmographen mit Erfolg bei ihren diagnostischen Untersuchungen zu Rathe gezogen.

In der Bestimmung der Form der Pulsbewegung liegt überhaupt der Schwerpunkt der ganzen Lehre vom Pulse. In dieser Beziehung weichen die Arbeiten von Vierordt, Marey und mir sehr auseinander. Vierordt glaubte, die Pulsbewegung bewirke eine einfache Ausdehnung und Zusammenziehung der Schlagaderwand.

Marey, und schon vor ihm Chelius, zeigten, dass der normale Puls ein dikrotischer sei. Aber wohl selten hat das Wort Goethe's: „einer neuen Wahrheit ist nichts schädlicher als ein alter Irrthum“ sich durchgreifender bewährt, als in der Pulslehre seit Marey. Das war der alte Irrthum, dass der dikrotische Puls stets ein krankhafter sei. Ich habe stets gegen ihn angekämpft, bis ich die zweite Art der Bewegung an der Pulscurve entdeckte. Wider sie streitet kein alter Irrthum, aber Zweifler werden sich sicherlich gegen sie erheben. Und diese möchte ich inständig bitten, die Versuche, welche ich mittheile und die so sehr leicht zu wiederholen sind, nachzumachen, und sie werden überzeugt werden. —

Die Grenzen und die Beschränktheit meiner Arbeit kennt Niemand besser und tiefer als ich selber.

Die Pulsbewegung in allen ihren Beziehungen zu bestimmen und auf mathematische Gesetze zurückzuführen, ist ein Gegenstand voll von ausserordentlichen Schwierigkeiten, vor denen selbst das Genie eines Euler zurückwich.

Wir stehen erst am Anfange. Noch viele strebsame und klarblickende Geister werden ihren Scharfsinn an den vielfältigen Problemen versuchen müssen. Aber „je weiter man in der Er-

fahrung fortrückt, desto näher kommt man dem Unerforschlichen.“

Was die dem Texte eingedruckten Curven anlangt, so sind die den elastischen Schläuchen entnommenen fast sämmtlich mit meinem Angiographen verzeichnet, die von der lebenden Schlagader hingegen fast alle mit dem Marey'schen Sphygmographen. Man wolle hierin keine Inconsequenz erblicken, sondern vielmehr die Absicht des Verfassers, die Leistungen beider Instrumente nebeneinander zu stellen. Das Genauere über letztere liefert die eingehende Beurtheilung in den folgenden Blättern.

Ich habe mich bei der Darstellung der Pulsbewegungen natürlich vorzugsweise an das Normale, Physiologische gehalten. Den pathologischen Pulsformen ist indessen daneben stets die gebührende Rücksicht gezollt, sofern sie eine Erläuterung der Gesammterscheinungen bieten. Dagegen habe ich es unterlassen, von allen möglichen Krankheiten Pulsbilder mitzutheilen, da es denselben in den meisten Fällen an charakteristischen Zügen gebricht.

Für Wen das Buch bestimmt sei? — Zunächst glaube ich, dass dasselbe dem wissenschaftlich gebildeten, auf seine eigene Belehrung und auf den Fortschritt unserer Wissenschaft bedachten Arzte nicht unerwünscht sein kann. Er gewinnt eine neue Bereicherung der physikalisch - diagnostischen Untersuchung, welche den üblichen Methoden in hohem Maasse ebenbürtig ist. Die englischen und französischen Aerzte haben bereits seit Jahren in umfassender Weise den Sphygmographen mit Erfolg bei ihren diagnostischen Untersuchungen zu Rathe gezogen.

In der Bestimmung der Form der Pulsbewegung liegt überhaupt der Schwerpunkt der ganzen Lehre vom Pulse. In dieser Beziehung weichen die Arbeiten von Vierordt, Marey und mir sehr auseinander. Vierordt glaubte, die Pulsbewegung bewirke eine einfache Ausdehnung und Zusammenziehung der Schlagaderwand.

Marey, und schon vor ihm Chelius, zeigten, dass der normale Puls ein dikrotischer sei. Aber wohl selten hat das Wort Goethe's: „einer neuen Wahrheit ist nichts schädlicher als ein alter Irrthum" sich durchgreifender bewährt, als in der Pulslehre seit Marey. Das war der alte Irrthum, dass der dikrotische Puls stets ein krankhafter sei. Ich habe stets gegen ihn angekämpft, bis ich die zweite Art der Bewegung an der Pulscurve entdeckte. Wider sie streitet kein alter Irrthum, aber Zweifler werden sich sicherlich gegen sie erheben. Und diese möchte ich inständig bitten, die Versuche, welche ich mittheile und die so sehr leicht zu wiederholen sind, nachzumachen, und sie werden überzeugt werden. —

Die Grenzen und die Beschränktheit meiner Arbeit kennt Niemand besser und tiefer als ich selber.

Die Pulsbewegung in allen ihren Beziehungen zu bestimmen und auf mathematische Gesetze zurückzuführen, ist ein Gegenstand voll von ausserordentlichen Schwierigkeiten, vor denen selbst das Genie eines Euler zurückwich.

Wir stehen erst am Anfange. Noch viele strebsame und klarblickende Geister werden ihren Scharfsinn an den vielfältigen Problemen versuchen müssen. Aber „je weiter man in der Er-

fahrung fortrückt, desto näher kommt man dem Unerforschlichen.“

Was die dem Texte eingedruckten Curven anlangt, so sind die den elastischen Schläuchen entnommenen fast sämmtlich mit meinem Angiographen verzeichnet, die von der lebenden Schlagader hingegen fast alle mit dem Marey'schen Sphygmographen. Man wolle hierin keine Inconsequenz erblicken, sondern vielmehr die Absicht des Verfassers, die Leistungen beider Instrumente nebeneinander zu stellen. Das Genauere über letztere liefert die eingehende Beurtheilung in den folgenden Blättern.

Ich habe mich bei der Darstellung der Pulsbewegungen natürlich vorzugsweise an das Normale, Physiologische gehalten. Den pathologischen Pulsformen ist indessen daneben stets die gebührende Rücksicht gezollt, sofern sie eine Erläuterung der Gesammterscheinungen bieten. Dagegen habe ich es unterlassen, von allen möglichen Krankheiten Pulsbilder mitzutheilen, da es denselben in den meisten Fällen an charakteristischen Zügen gebricht.

Für Wen das Buch bestimmt sei? — Zunächst glaube ich, dass dasselbe dem wissenschaftlich gebildeten, auf seine eigene Belehrung und auf den Fortschritt unserer Wissenschaft bedachten Arzte nicht unerwünscht sein kann. Er gewinnt eine neue Bereicherung der physikalisch - diagnostischen Untersuchung, welche den üblichen Methoden in hohem Maasse ebenbürtig ist. Die englischen und französischen Aerzte haben bereits seit Jahren in umfassender Weise den Sphygmographen mit Erfolg bei ihren diagnostischen Untersuchungen zu Rathe gezogen.

In der Bestimmung der Form der Pulsbewegung liegt überhaupt der Schwerpunkt der ganzen Lehre vom Pulse. In dieser Beziehung weichen die Arbeiten von Vierordt, Marey und mir sehr auseinander. Vierordt glaubte, die Pulsbewegung bewirke eine einfache Ausdehnung und Zusammenziehung der Schlagaderwand.

Marey, und schon vor ihm Chelius, zeigten, dass der normale Puls ein dikrotischer sei. Aber wohl selten hat das Wort Goethe's: „einer neuen Wahrheit ist nichts schädlicher als ein alter Irrthum" sich durchgreifender bewährt, als in der Pulslehre seit Marey. Das war der alte Irrthum, dass der dikrotische Puls stets ein krankhafter sei. Ich habe stets gegen ihn angekämpft, bis ich die zweite Art der Bewegung an der Pulscurve entdeckte. Wider sie streitet kein alter Irrthum, aber Zweifler werden sich sicherlich gegen sie erheben. Und diese möchte ich inständig bitten, die Versuche, welche ich mittheile und die so sehr leicht zu wiederholen sind, nachzumachen, und sie werden überzeugt werden. —

Die Grenzen und die Beschränktheit meiner Arbeit kennt Niemand besser und tiefer als ich selber.

Die Pulsbewegung in allen ihren Beziehungen zu bestimmen und auf mathematische Gesetze zurückzuführen, ist ein Gegenstand voll von ausserordentlichen Schwierigkeiten, vor denen selbst das Genie eines Euler zurückwich.

Wir stehen erst am Anfange. Noch viele strebsame und klarblickende Geister werden ihren Scharfsinn an den vielfältigen Problemen versuchen müssen. Aber „je weiter man in der Er-

fahrung fortrückt, desto näher kommt man dem Unerforschlichen."

Was die dem Texte eingedruckten Curven anlangt, so sind die den elastischen Schläuchen entnommenen fast sämmtlich mit meinem Angiographen verzeichnet, die von der lebenden Schlagader hingegen fast alle mit dem Marey'schen Sphygmographen. Man wolle hierin keine Inconsequenz erblicken, sondern vielmehr die Absicht des Verfassers, die Leistungen beider Instrumente nebeneinander zu stellen. Das Genauere über letztere liefert die eingehende Beurtheilung in den folgenden Blättern.

Ich habe mich bei der Darstellung der Pulsbewegungen natürlich vorzugsweise an das Normale, Physiologische gehalten. Den pathologischen Pulsformen ist indessen daneben stets die gebührende Rücksicht gezollt, sofern sie eine Erläuterung der Gesammterscheinungen bieten. Dagegen habe ich es unterlassen, von allen möglichen Krankheiten Pulsbilder mitzutheilen, da es denselben in den meisten Fällen an charakteristischen Zügen gebricht.

Für Wen das Buch bestimmt sei? — Zunächst glaube ich, dass dasselbe dem wissenschaftlich gebildeten, auf seine eigene Belehrung und auf den Fortschritt unserer Wissenschaft bedachten Arzte nicht unerwünscht sein kann. Er gewinnt eine neue Bereicherung der physikalisch-diagnostischen Untersuchung, welche den üblichen Methoden in hohem Maasse ebenbürtig ist. Die englischen und französischen Aerzte haben bereits seit Jahren in umfassender Weise den Sphygmographen mit Erfolg bei ihren diagnostischen Untersuchungen zu Rathe gezogen.

noch — durch die Leerheit der Arterien nach dem Tode bewogen, — dass sich ein Hauch in den Schlagadern vorfinde.

In Uebereinstimmung mit Asklepiades und Philotimus nahm er an, dass die Arterien sich gleich dem Herzen durch eine ihnen innewohnende eigenthümliche pulsirende Kraft bewegen.

Ersterem Irrthume folgte auch Erasistratus*) († 280 v. Chr.). Allein dieser nahm mit Recht an, dass die Pulsbewegung der Arterien vom Herzen ausgehe. Dieser Forscher lehrte ferner, dass das Herz sich bewege durch die ihn selbst innewohnende Lebenskraft, zum Theil aber auch durch den Einfluss des Gehirnes. Die Pulsbewegung hingegen ist nach ihm eine rein passive, eine durch die active Bewegung des Herzens auf die Schlagadern übertragene Motion**). Ebenso urtheilte Rufus von Ephesus.

Von hohem Interesse ist ferner seine Ansicht, dass der Pulsschlag, eben desshalb, weil er vom Herzen ausgehe, in den dem Herzen näher belegenen Schlagadern früher auftrete, als in den peripherischen. Er hat dies offenbar durch gleichzeitige Prüfung centraler und peripherischer Pulse sicher gestellt. Hier stossen wir zuerst auf jene in der That richtige Auffassung der Pulsbewegung als einer vom Herzen fortschreitenden Wellenbewegung. Je mehr uns die Schärfe und Feinheit dieser Auffassung in Erstaunen versetzen, um so mehr muss es uns befremden, dass Galenus die Richtigkeit dieser gar nicht so schwer zu machenden Beobachtung geradezu läugnet, indem er sagt:***) „nam quod ait Erasistratus, semper priorem (scil. arteriae partem) moveri prius videri, sensus non probat.“ Und an einer anderen Stelle†) bemerkt er in Betreff der von Erasistratus unter normalen Verhältnissen als wellenförmig fortschreitend bezeichneten Pulsbewegung: „. . . quod Erasistratus mentitur de rebus evidentibus. Omnes enim clare cernunt, omnes partes arteriarum eodem distendi tempore.“ — Rücksichtlich der Bezeichnung sei noch
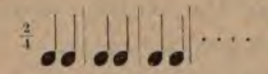
*) Galen. An in arteriis sanguis, c. 2 — Synopsis de puls. c. 22.
**) Häser, Geschichte der Medizin 1853. pag. 156.
***) Galen. de puls. different. Lib. I. c. 25
†) Galen. de causis puls. Lib II c. 8.

Inhalt.

hervorgehoben, dass auch Erasistratus das Wort σφυγμὸς nur zur Bezeichnung abnormer Pulsbewegung gebraucht.

Apollonius, der Schüler des Erasistratus, vertrat dieselbe Ansicht; auch er stellt als Hauptsatz auf: „Pulsus est dilatatio arteriae, quae completione fit spiritus corde immissi.“ *)

Herophilus (300 v. Chr), ein Schüler des Praxagoras, Zeitgenosse des Erasistratus, der alexandrinischen Schule angehörig, hielt die Systole und Diastole der Arterien für eine denselben lediglich durch die Pulsation des Herzens übertragene Bewegung. Er unterschied mit grösserer Bestimmtheit als seine Vorgänger den normalen Puls, παλμὸς, von dem krankhaft erregten, σφυγμὸς. Nach Galenus Angaben ist er der Verfasser einer besonderen Schrift über die Pulse. Abweichend von Erasistratus lässt er in den Arterien Blut und Hauch zugleich sein und alle Schlagadern in gleichem Tempo sich zusammenziehen. In seiner Physiologie folgt er im Ganzen den Sätzen des Aristoteles. Ganz besonderes Gewicht legte er weiterhin auf die Bestimmung der Zeitverhältnisse der Dilatation und Contraction des Arterienrohres und verglich dieselben mit den Zeitzeichen der Musik, was ihm Galenus**) zu hohem Lobe anrechnet. Die Art und Weise, in welcher diese Vergleichung statt hatte, ist erst recht klar geworden durch die von dem berühmten Historiographen Daremberg***) gemachte Publikation des dem Rufus von Ephesus zugeschriebenen Werkes Σύνοψις περὶ σφυγμῶν, worin die Ansicht des Herophilus mitgetheilt wird. Nach ihm geht der Puls der Neugebornen im $^2/_4$ Takt, Systole und Diastole sind gleich lang und dauern jede $^1/_4$. Der Rhythmus ist also:



Er nennt diesen Puls δίχρονος und sein Rhythmus entspricht dem Versfusse Pyrrhichius. — Der Puls im Knabenalter schlägt im

*) Bei Galen. de puls. diff. Lib. IV. c 17.

**) Galen. de dignoscendis pulsibus Lib. II. c. 3. — Synops. de puls XII.

***) Traité sur le pouls, attribué à Rufus d'Éphèse, publié par Daremberg Paris 1846. IV 22.

Geschichtlicher Ueberblick über die Untersuchungen des Pulses.

§. 1.

Dass die pulsirende Bewegung des Herzens und der Schlagadern den Aerzten, ja selbst den Gebildeten des Alterthumes in ihren äusseren Erscheinungen nicht unbekannt sein konnte, lässt sich wohl mit aller Bestimmtheit von vorn herein annehmen. Schon Homer*) thut des Herzschlages Erwähnung und sicher wird ihm in gleicher Weise der Puls der Schlagadern bekannt gewesen sein, da man denselben so sehr leicht fühlen und, mit dem Kopfe auf einem Kissen ruhend, unschwer vernehmen kann.

In China soll schon um das Jahr 2639 v. Chr. Geb. der dritte König des Reiches, Hoam-Ty, mit dem Arzte Lipe eine Pulslehre ausgearbeitet haben**). Nach ihnen befindet sich Blut und Hauch in den Adern, welche der Pulsschlag in Bewegung erhält. Es wird die Aufstellung einer ganzen Menge verschiedener Pulsarten unter Entwickelung höchst merkwürdiger Vorstellungen versucht und, damit auch die practische Medizin nicht unberücksichtigt bleibe, wird für jede krankhafte Pulsart ein besonderes Heilmittel in Vorschlag gebracht.

Unter den griechischen Forschern hat bereits Democritos (geb. um 470 v. Chr), der Vater der vergleichenden Anatomie,

*) Il. XXII. 452. *στήθεσι πάλλεται ἦτορ*. — Il. XXII 461 *παλλομένη κραδίην*.

**) Andr. Cleyer, Specimen medicinae Sinicae — Mich Boymii, clavis medica ad Sinarum doctrinam de pulsibus

den Pulsen seine Aufmerksamkeit zugewendet, wie Erotianus*) berichtet.

Aristoteles**) (384—322), der in der Kenntniss des Gefässapparates seine Vorgänger Syennesis und Polybus weit übertraf, hat mehr in anatomischer, als in physiologischer Hinsicht dem Gefässsysteme seine Aufmerksamkeit gewidmet und weiterhin im gesammten Systeme wiederum vorwiegend dem Herzen. Ihm gilt das Herz, dessen Entstehung im bebrüteten Eie demselben schon in erster Frühe als „punctum saliens“ bekannt war, als das bedeutungsvollste Organ, als die Akropolis des Leibes Es ist der Quell und erster Aufnahmsort des Blutes, von ihm gehen alle Adern aus, das Blut bereitet es in sich und giesst es in die Adern hinein. Wiewohl weiterhin dem Aristoteles der Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blute bekannt gewesen zu sein scheint, so war der Kreislauf gleichwohl ungeahnt. Das Herz ist ferner Quell der Wärme und theilt diese dem Blute mit. Die Wärme ist es nun, welche die Bewegung des Herzens unterhält. Indem nämlich der eingeführte Nährsaft innerhalb des Herzens durch die dort herrschende Wärme zu Blut gekocht wird, entsteht eine Aufwallung, die eine Hebung des Herzens, die Pulsation desselben, bedingt. Diese Pulsation erstreckt sich nun vom Herzen aus auf alle Adern Nach einer genaueren Beschreibung der den Adern somit mitgetheilten Bewegung suchen wir vergebens. Die Lehre, welche die Arterien als die das bewegende Pneuma führenden Organe ansieht, welche man dem Aristoteles früher irrthümlich zugeschrieben hat, ist ihm in Wirklichkeit fremd. In Bezug auf die Bedeutung des Herzens wollen wir endlich noch mittheilen, dass Aristoteles dasselbe als das Centralorgan aller Bewegung, sowie als Sitz der empfindenden Seele und als Ursprung der Empfindung betrachtet. In anatomischer Hinsicht unterschied er die Aorta und die untere Hohlvene und beschrieb eine ganze Anzahl anderer Adern recht genau. Dass wir von dem ausgezeichneten Forscher in Betreff

*) Erotianus, gloss. in Hippocrat edit. Franz. p. 382. *Ὁ Δημόκριτος δὲ φλεβοπαλίαν καλεῖ τὴν τῶν ἀρτεριῶν κίνησιν.*

**) Vgl Aristoteles' Thierkunde von Bona Meyer. Berlin 1855 p 425 ff.

der Pulsbewegung nur so sehr Weniges erfahren, hat darin seinen Grund, dass er mehr vergleichender Anatom, als Physiologe war. Wir werden vermuthen, dass die Aerzte uns bessere Aufschlüsse geben werden.

Hippocrates (460—377 v. Chr.) hat zuerst nach gewissen wissenschaftlichen Richtungen hin die Pulse beobachtet, wie Galenus*) ihm einräumt, indem er sagt: Omnium igitur, quos novimus, primus nomen pulsus Hippocrates litteris mandavit atque artem, quam complectitur, non videtur ignorasse; neque tamen hanc artis partem multum elaboravit.

Man findet beim Hippocrates bereits folgende pathologisch wichtige Arten der Pulse unterschieden: (σφυγμοὶ) βληχροί, debiles — ὀξέες, acuti — ἀειρόμενοι, elati — ἐλλείποντες, deficientes — πυκνότατοι, celerrimi — μέγιστοι, maximi — τρομώδεες, tremuli — νωθροί, rari. — Er bringt ferner gewisse Pulsarten in Zusammenhang mit bestimmten Erkrankungen; so erwähnt er z. B. die langsamen Pulse der Lethargischen, er bespricht die schlechte Prognose der (Typhus-) Kranken mit heftiger Pulsbewegung und unwillkürlichem Kothabgange u. dgl. Ueber die Beschaffenheit des normalen Pulses spricht Hippocrates sich nicht aus und man hat daher wohl mit Unrecht schliessen wollen, es sei demselben der normale Pulsschlag überhaupt unbekannt gewesen. Es lässt sich freilich nicht bestreiten, dass das Wort σφυγμός vorwiegend von ihm zur Bezeichnung abnormer Pulsthätigkeit benutzt wird, allein mit welchem Rechte kann man denn annehmen, dass ein gelehrter Arzt, welcher krankhaft veränderte Pulse beschreibt und deuten lehrt, die normalen gar nicht gekannt haben sollte? Freilich war dem grossen Practiker der Unterschied zwischen Arterien und Venen noch nicht bekannt und eben daher musste seine Fundamental-Anschauung über das eigentliche Wesen der Pulse naturgemäss eine irrige sein.

Praxagoras**) (350 v. Chr.) unterschied die pulsirenden Arterien von den nicht pulsirenden Venen. Allein er glaubte

*) Galen. de puls different. Lib. I. c. 2. — Vgl. auch Otto Schadewald, Sphygmologiae historia inde ab antiquissimis temporibus usque ad aetatem Paracelsi. Diss. inaug. Berolin. 1866.

**) Galen de puls. different. Lib. IV. c. 2.

noch — durch die Leerheit der Arterien nach dem Tode bewogen, — dass sich ein Hauch in den Schlagadern vorfinde.

In Uebereinstimmung mit Asklepiades und Philotimus nahm er an, dass die Arterien sich gleich dem Herzen durch eine ihnen innewohnende eigenthümliche pulsirende Kraft bewegen.

Ersterem Irrthume folgte auch Erasistratus*) († 280 v. Chr.). Allein dieser nahm mit Recht an, dass die Pulsbewegung der Arterien vom Herzen ausgehe. Dieser Forscher lehrte ferner, dass das Herz sich bewege durch die ihn selbst innewohnende Lebenskraft, zum Theil aber auch durch den Einfluss des Gehirnes. Die Pulsbewegung hingegen ist nach ihm eine rein passive, eine durch die active Bewegung des Herzens auf die Schlagadern übertragene Motion**). Ebenso urtheilte Rufus von Ephesus.

Von hohem Interesse ist ferner seine Ansicht, dass der Pulsschlag, eben desshalb, weil er vom Herzen ausgehe, in den dem Herzen näher belegenen Schlagadern früher auftrete, als in den peripherischen. Er hat dies offenbar durch gleichzeitige Prüfung centraler und peripherischer Pulse sicher gestellt. Hier stossen wir zuerst auf jene in der That richtige Auffassung der Pulsbewegung als einer vom Herzen fortschreitenden Wellenbewegung. Je mehr uns die Schärfe und Feinheit dieser Auffassung in Erstaunen versetzen, um so mehr muss es uns befremden, dass Galenus die Richtigkeit dieser gar nicht so schwer zu machenden Beobachtung geradezu läugnet, indem er sagt:***) „nam quod ait Erasistratus, semper priorem (scil. arteriae partem) moveri prius videri, sensus non probat." Und an einer anderen Stelle†) bemerkt er in Betreff der von Erasistratus unter normalen Verhältnissen als wellenförmig fortschreitend bezeichneten Pulsbewegung: „... quod Erasistratus mentitur de rebus evidentibus. Omnes enim clare cernunt, omnes partes arteriarum eodem distendi tempore." — Rücksichtlich der Bezeichnung sei noch
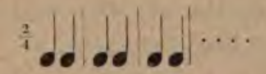
---

*) Galen. An in arteriis sanguis, c. 2 — Synopsis de puls. c. 22.
**) Häser, Geschichte der Medizin 1853. pag. 156.
***) Galen. de puls. different. Lib. I. c. 25.
†) Galen. de causis puls. Lib II c. 8.

hervorgehoben, dass auch Erasistratus das Wort σφυγμός nur zur Bezeichnung abnormer Pulsbewegung gebraucht.

Apollonius, der Schüler des Erasistratus, vertrat dieselbe Ansicht; auch er stellt als Hauptsatz auf: „Pulsus est dilatatio arteriae, quae completione fit spiritus corde immissi.“ *)

Herophilus (300 v. Chr.), ein Schüler des Praxagoras, Zeitgenosse des Erasistratus, der alexandrinischen Schule angehörig, hielt die Systole und Diastole der Arterien für eine denselben lediglich durch die Pulsation des Herzens übertragene Bewegung. Er unterschied mit grösserer Bestimmtheit als seine Vorgänger den normalen Puls, παλμός, von dem krankhaft erregten, σφυγμός. Nach Galenus Angaben ist er der Verfasser einer besonderen Schrift über die Pulse. Abweichend von Erasistratus lässt er in den Arterien Blut und Hauch zugleich sein und alle Schlagadern in gleichem Tempo sich zusammenziehen. In seiner Physiologie folgt er im Ganzen den Sätzen des Aristoteles. Ganz besonderes Gewicht legte er weiterhin auf die Bestimmung der Zeitverhältnisse der Dilatation und Contraction des Arterienrohres und verglich dieselben mit den Zeitzeichen der Musik, was ihm Galenus**) zu hohem Lobe anrechnet. Die Art und Weise, in welcher diese Vergleichung statt hatte, ist erst recht klar geworden durch die von dem berühmten Historiographen Daremberg***) gemachte Publikation des dem Rufus von Ephesus zugeschriebenen Werkes Σύνοψις περὶ σφυγμῶν, worin die Ansicht des Herophilus mitgetheilt wird. Nach ihm geht der Puls der Neugebornen im $^2/_4$ Takt, Systole und Diastole sind gleich lang und dauern jede $^1/_4$. Der Rhythmus ist also:



Er nennt diesen Puls δίχρονος und sein Rhythmus entspricht dem Versfusse Pyrrhichius. — Der Puls im Knabenalter schlägt im

*) Bei Galen. de puls. diff. Lib. IV. c. 17.

**) Galen. de dignoscendis pulsibus Lib. II. c. 3. — Synops. de puls. XII.

***) Traité sur le pouls, attribué à Rufus d'Éphèse, publié par Daremberg. Paris 1846. IV. 22.

noch — durch die Leerheit der Arterien nach dem Tode bewogen, — dass sich ein Hauch in den Schlagadern vorfinde.

In Uebereinstimmung mit Asklepiades und Philotimus nahm er an, dass die Arterien sich gleich dem Herzen durch eine ihnen innewohnende eigenthümliche pulsirende Kraft bewegen.

Ersterem Irrthume folgte auch Erasistratus*) († 280 v. Chr.). Allein dieser nahm mit Recht an, dass die Pulsbewegung der Arterien vom Herzen ausgehe. Dieser Forscher lehrte ferner, dass das Herz sich bewege durch die ihn selbst innewohnende Lebenskraft, zum Theil aber auch durch den Einfluss des Gehirnes. Die Pulsbewegung hingegen ist nach ihm eine rein passive, eine durch die active Bewegung des Herzens auf die Schlagadern übertragene Motion**). Ebenso urtheilte Rufus von Ephesus.

Von hohem Interesse ist ferner seine Ansicht, dass der Pulsschlag, eben desshalb, weil er vom Herzen ausgehe, in den dem Herzen näher belegenen Schlagadern früher auftrete, als in den peripherischen. Er hat dies offenbar durch gleichzeitige Prüfung centraler und peripherischer Pulse sicher gestellt. Hier stossen wir zuerst auf jene in der That richtige Auffassung der Pulsbewegung als einer vom Herzen fortschreitenden Wellenbewegung. Je mehr uns die Schärfe und Feinheit dieser Auffassung in Erstaunen versetzen, um so mehr muss es uns befremden, dass Galenus die Richtigkeit dieser gar nicht so schwer zu machenden Beobachtung geradezu läugnet, indem er sagt:***) „nam quod ait Erasistratus, semper priorem (scil. arteriae partem) moveri prius videri, sensus non probat." Und an einer anderen Stelle†) bemerkt er in Betreff der von Erasistratus unter normalen Verhältnissen als wellenförmig fortschreitend bezeichneten Pulsbewegung: „... quod Erasistratus mentitur de rebus evidentibus. Omnes enim clare cernunt, omnes partes arteriarum eodem distendi tempore." — Rücksichtlich der Bezeichnung sei noch

---

*) Galen. An in arteriis sanguis, c. 2 — Synopsis de puls. c. 22.

**) Häser, Geschichte der Medizin 1853. pag. 156.

***) Galen. de puls. different. Lib. I. c. 25

†) Galen. de causis puls. Lib II c. 8

Wichtiger erscheint uns Archigenes, weil er zuerst dem dikrotischen Pulse seinen Namen gegeben hat und seine Entstehungsursache zu entziffern versuchte, wie Galenus*) sagt, geminis eum cum mallei ictibus in incudem assimilans. Archigenes glaubte nämlich, dass der Pulsschlag in einem Aufspringen, nicht in einer Dilatation der Schlagader bestehe und dass unter gewissen Bedingungen die von diesem Aufspringen zurücksinkende Arterie vermöge der Elasticität einen zweiten kleineren Nachsprung vollführe, ähnlich dem auf den Ambos niederfallenden Hammer, der seinen bekannten Nachschlag zu vollführen pflegt.

Von grosser Bedeutung und in gewissem Sinne erschöpfend sind die klassischen Arbeiten des Claudius Galenus (131 bis 201 n. Chr.) über den Puls. Er erkennt zunächst in der Pulsbewegung, nicht wie Archigenes, allein ein Aufspringen der Schlagader, sondern auch und vornehmlich eine Ausdehnung des Rohres. Weiterhin wird von ihm die Pulsbewegung in ihre einzelnen Phasen zerlegt. Die Pulsbewegung setzt sich nach ihm zusammen aus der Ausdehnung und der Zusammenziehung der Schlagader. Genauer noch lassen sich an dieser Bewegung vier Phasen**) unterscheiden, nämlich:

1) die Ausdehnung der Schlagader (distentio),
2) das Verharren in der Ausdehnung (quies externa),
3) die Zusammenziehung (contractio),
4) das Verharren in der Zusammenziehung (quies interna).

Bei der Distentio dehnt das Blut die Arterie sowohl im Dickendurchmesser als auch in der Länge aus, sie wird weiter und länger; das Umgekehrte hat natürlich statt bei der Contractio. Ausserdem nimmt Galenus beim Pulsschlage noch eine Lageveränderung der Arterie an.

Je nach den Zeitverhältnissen der Oben angeführten vier Phasen unterscheidet nun Galenus verschiedene Pulsarten. Geschieht die Distentio innerhalb einer kleinen Zeiteinheit, so entsteht eben hierdurch der Pulsus celer; der Pulsus tardus hingegen besteht darin, dass die Distentio eine lange Zeitdauer beansprucht.

---

*) Galen de prognosi ex puls. Lib. II c. 8.
**) Galen Synopsis de puls. c. 13.

Der Pulsus frequens oder rarus ist bedingt durch die Kürze oder Länge der Pausen, der quietes. Die Unterscheidung dieser letzteren bringt es mit sich, dass Galenus einen Pulsus frequens und rarus ex quiete interna oder ex quiete externa unterscheiden konnte, je nachdem die vorbenannte zweite oder vierte Pulsphase in Betracht kommen.

Von besonderem Interesse sind fernerhin die Mittheilungen des Galenus über den Pulsus dicrotus.*) Nach ihm besteht das Eigenthümliche desselben darin, dass die Arterie innerhalb der quies externa (also in dem Zustande der Dilatation), in welchem sie sowohl ausgedehnt, als auch aus ihrer Ruhelage gebracht ist, Vibrationen vollführe. Von diesen Vibrationen fühle man in der Regel nur eine, er habe aber auch einige Male eine doppelte Schwingung wahrgenommen. Er setzt also wohl voraus, dass in der That selbst noch mehrere Schwingungen, natürlich stets kleiner werdende, vorhanden sein können. Galenus erklärt also den Doppelschläger als durch elastische Nachschwingung des systolisch stark gespannten Arterienrohres hervorgebracht.

Der Pulsus caprizans unterscheidet sich vom P. dicrotus nach Galenus dadurch, dass bei diesem ersteren die Distentio durch eine kleine Pause zweitheilig wird. Weiterhin unterscheidet er noch den P. serrans, undosus, vermiculans, formicans, myurus (mit den Unterarten myurus recurrens, m. deficiens und m. deficiens recurrens), den durus und mollis, intercurrens, intermittens, deficiens, plenus, vacuus, vehemens.

Auch rücksichtlich des Pulsrhythmus unterscheidet Galenus manche Verschiedenheiten, namentlich gibt er dem Arzte zu bedenken, ob der Rhythmus des Pulses dem Alter des Individuums entsprechend sei oder nicht.

Unter denjenigen Potenzen, welche die Pulsbewegung beeinflussen, kennt Galenus Temperament, Geschlecht, Alter, Jahreszeit, Klima, Schlaf, Wachen, warme und kalte Bäder, Gemüthsaffecte, wie Zorn, Freude, Trauer, Furcht, und endlich gewisse Medicamente.

Die Pulslehre des Galenus nimmt unstreitig einen bewun-

---

*) Galen. de puls. different. Lib I. c. 6. u. 16.

derungswürdigen Standpunkt ein, weil eben ihr Urheber mit so ausserordentlicher Sorgfalt den Puls beobachten lehrte, während Celsus [25 v. Chr. — 50 n. Chr.]*) diesem Forschungsgebiete als der „falacissimae rei“ zweifelnd und misstrauisch den Rücken wandte. So konnte denn auch das Lehrgebäude Galens Jahrhunderte hindurch die Quelle aller Forschungen über den Puls bleiben, aus welcher ein Theophilus Protospartharius, ein Aegidius Corboliensis, ein Mich. Savonarola und Andere schöpften. Ja selbst die moderne Forschung wird auf dieselbe mit Dankbarkeit und Wohlgefallen zurückblicken müssen.

Immerhin leidet die Pulslehre des Galenus an einem grossen und fundamentalen Irrthume. Er erklärte die Entstehung des Pulses durch eine vom Herzen auf die Arterien übergehende Kraft, die er σφυγμικὴ δύναμις nennt. Ist die Verbindung der Arterienwand mit dem Herzen aufgehoben, so kann die Uebertragung dieser Kraft nicht mehr stattfinden und der Puls erlischt. Zur Erhärtung dieses Satzes gibt er nun ein Experiment und zwar ein falsches. Er legt eine Schlagader eine ganze Strecke weit bloss, alsdann schneidet er ein Stück derselben heraus und stellt die Continuität durch ein eingebundenes starres Röhrchen wieder her. Und nun behauptet er: der Puls hört peripherisch von der starren Röhre auf. Das ist falsch. Der Puls bleibt fortbestehen, ich habe sogar jenseits des Röhrchens sphygmographiren können. Freilich bilden sich, wie auch schon Daremberg hervorhob, leicht Gerinnungen in der Röhre, die den Puls behindern, und eben diese müssen den Galenus betrogen haben. — Der besagte Irrthum von der Pulskraft verleitete sogar Galenus, die Diastole als den aktiven Theil der Herzbewegung zu betrachten. Diese nämlich sei dazu bestimmt, das Herz zu erweitern, damit es im Stande sei, das durch die Respiration der Lunge zugeführte Pneuma anzuziehen. In der Systole dagegen falle das Herz auf rein passive Weise in sich selbst zusammen und erzeuge durch sein Anschlagen an die Brustwand den Herzstoss, während es in der Diastole sich von der letzteren entferne.**) — Das benannte

*) Celsus, de medic. lib. III. c. 6.

**) cf Häser, Geschichte der Medizin 1853. pag. 156.

...gswürdigen [illegible] ...hältnisse des Arterien-
...ordentlicher [illegible] ...e der Aufgabe des bri-
...s [25 v. Chr. — [illegible] ...och die Lehren des Ga-
„falacissima [illegible]
...wandte. So [illegible] ...nige andere Männer erwäh-
...derte [illegible] ...aben, so geschicht dies we-
...aus welcher [illegible] ...chriften, als vielmehr, um eine
...us [illegible] ...eben. J. Struth*) sucht nach
...n. Ja [illegible] ...essen, Floyer stellte ihre Zahl
...keit und [illegible] ...den Rhythmus des Pulsschlages,
...nerhin [illegible] ...n Zeitzeichen der Musik, Solano
[illegible] ...lsarten. Ausserdem sind noch zu
...h [illegible] ..., Michel, Albrecht v. Haller.
[illegible] ...er Pulslehre beginnt in der Neuzeit
...it. [illegible] ...trumentalen Untersuchung der Puls-
[illegible] ...mit der Aufzeichnung der sphy-
[illegible] ...ve. Einen schönen und glänzenden
[illegible] ...or unsern Augen sich entfalten. Phy-
[illegible] ...r streben nach demselben Ziele der
...nnit [illegible] ...derbaren Bewegung des Schlagaderrohres.
...nd [illegible] gegenwärtig noch die Geschichte. Die fol-
...en jedoch dem Leser alle jene Forscher vor-
...beiten kennzeichnen, welche sich um die Auf-
...e von dem Pulse besonders verdient gemacht

...tende Bemerkungen zur Pulsuntersuchung.

§. 2.

...dem Namen Arterien-Puls bezeichnen wir die Be-
...erscheinungen, welche durch die Contraction der Ventrikel
...zens in den Schlagadern des Körpers hervorgerufen werden.
...n Anbetracht des Umstandes, dass pulsatorische Bewegungen
...en Venen (abgesehen von dem Unduliren an den grossen

*) Sphygmica ars super 1200 annos perdita. Basil. 1555.

falsche Experiment des Galenus und die damit zusammenhängende Lehre von der Vis pulsifica war es nun, welches für lange Zeit Alle, denen die Erforschung der Pulsbewegung am Herzen gelegen, zum Gegenstand der Prüfung genommen haben. So musste denn die Lehre des Galenus zu Falle kommen. Schon Vesalius*) gab ihr den Todesstoss; er wiederholte den Versuch und sah gleichwohl jenseits der Röhre die Pulsbewegung fortdauern. Er schloss daraus, dass der Puls vom Herzen ausgehe. Zu gleichen Ergebnissen führten die Versuche von Cornelius, Plempius, Vieussens.

Wunderbarer Weise kam der geniale Harvey zu anderen Ergebnissen. Er läugnet zuerst die Möglichkeit des Versuches überhaupt, sodann aber erklärt er ihn, seine Möglichkeit angenommen, unbegreiflicher Weise für der Wahrheit gemäss. Letzteres thut auch Realdus Columbus.

Allein wir wollen trotz dieses Irrthumes nicht vergessen, dass mit dem grossen britischen Forscher (1628) das Morgenroth einer neuen Lehre aufleuchtete. Die Entdeckung des Kreislaufes konnte erst das ganze innere Wesen der Pulsbewegung aufklären. Harvey behauptet, dass das Herz sich bei der Systole erhebe und gegen die Brustwand schlage, dass es sich gleichzeitig nach allen Richtungen zusammenziehe, dass es härter und blasser werde und sich ganz wie ein Muskel verhalte, dass es bei der Contraction das Blut, seinen Inhalt, ausstosse. Rücksichtlich des Pulses lehrt er ferner, dass derselbe durch die Contraction des linken Ventrikels entstehe und durch den hierdurch dem Blute ertheilten Anstoss. Necessarium est concludere, circulari quodam motu in circuitu agitari in animalibus sanguinem; et esse in perpetuo motu, et hanc esse actionem sive functionem cordis, quam pulsu peragit, et omnino motus et pulsus cordis causam unam esse.**)

Die Lehre des Harvey erstreckt sich auf die Pulsbewegung soweit sie integrirender Theil der Blutbewegung ist. Die speci-

---

*) De fabrica corporis humani pag. 819. 820.

**) Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus. Francof. 1628.

fische Eigenthümlichkeit, Form und Zeitverhältnisse des Arterienpulses zu studiren, lag nicht im Bereiche der Aufgabe des britischen Physiologen. Hier behaupteten noch die Lehren des Galenus ihr angestammtes uraltes Recht.

Wenn wir nach Harvey noch einige andere Männer erwähnen, welche die Pulslehre gepflegt haben, so geschieht dies weniger wegen der Wichtigkeit ihrer Schriften, als vielmehr, um eine gewisse vollständige Uebersicht zu geben. J. Struth*) sucht nach Mitteln, die Pulsbewegungen zu messen, Floyer stellte ihre Zahl fest, F. N. Marquet verglich den Rhythmus des Pulsschlages, wie einst Herophilus, mit den Zeitzeichen der Musik, Solano de Luques entdeckte neue Pulsarten. Ausserdem sind noch zu erwähnen Bordeu, Fouquet, Michel, Albrecht v. Haller.

Eine neue Periode der Pulslehre beginnt in der Neuzeit mit der Einführung der instrumentalen Untersuchung der Pulsbewegung und namentlich mit der Aufzeichnung der sphygmographischen Curve. Einen schönen und glänzenden Wettstreit sehen wir vor unsern Augen sich entfalten. Physiologen und Kliniker streben nach demselben Ziele der Erforschung der wunderbaren Bewegung des Schlagaderrohres. Doch hier schweigt gegenwärtig noch die Geschichte. Die folgenden Blätter werden jedoch dem Leser alle jene Forscher vorführen und ihre Arbeiten kennzeichnen, welche sich um die Aufklärung der Lehre von dem Pulse besonders verdient gemacht haben.

Einleitende Bemerkungen zur Pulsuntersuchung.

§. 2.

Mit dem Namen Arterien-Puls bezeichnen wir die Bewegungserscheinungen, welche durch die Contraction der Ventrikel des Herzens in den Schlagadern des Körpers hervorgerufen werden.

In Anbetracht des Umstandes, dass pulsatorische Bewegungen an den Venen (abgesehen von dem Unduliren an den grossen

*) Sphygmica ars super 1200 annos perdita. Basil. 1555.

Stämmen nahe der Einmündung in das Atrium), oder an den Capillargefässen nur unter abnormen Verhältnissen zur Erscheinung kommen können, begreift man auch lediglich mit dem Namen Puls den Schlagader-Puls.

Mit vollem Rechte ist von Seiten der practischen Aerzte der Untersuchung des Pulses am Krankenbette grosse Bedeutung beigelegt worden, und es zeugt gewiss von dieser hohen Bedeutung, wenn der Arzt noch heute bei fast jeder ersten Begegnung mit dem Kranken dessen Radialis prüfend betastet. In unseren Zeiten freilich, in denen die physikalische Diagnostik dem Arzte so überaus reiche und sichere Mittel zur Erkennung der Krankheitszustände eröffnet hat, ist das Pulsfühlen leider oft genug auf den Werth eines gewissermassen conventionellen Aktes hinabgedrückt worden, auf einen oft wenig bedeutenden Handgriff, durch den der Arzt sich dem Kranken gegenüber introducirt, gerade wie durch das nach altem Brauche so sehr beliebte Zeigenlassen der Zunge.

Wir wollen es nicht als einen Rückschritt bezeichnen, dass dem einfachen Pulsfühlen nicht mehr jene hohe Bedeutung beigelegt wird, welche dasselbe bei den alten Aerzten genossen hat, allein nur unter einer Bedingung, der Bedingung nämlich, dass an die Stelle der einfachen Betastung eine instrumentale Erforschung des Pulses trete, die natürlich weitaus mehr leistet, als eine einfache Betastung es vermag. So lange eine solche jedoch nicht allgemein eingeführt ist, muss es freilich bei der Betastung bewenden bleiben, aber diese letztere soll mit Bedachtsamkeit und sorgfältiger Prüfung vorgenommen werden und dann vermag sie denn doch weitaus mehr zur Aufklärung gesunder und krankhafter Vorgänge zu leisten und reichlichere Anhaltspunkte für therapeutische Massnahmen zu gewähren, als manche Physiologen und Kliniker in unseren Tagen haben zugeben wollen. Wir halten es allerdings für im höchsten Grade zeitgemäss, dass von Seiten der Therapeuten eine genaue instrumentale Erforschung der pulsatorischen Bewegungen bei den Kranken eingeführt werde.

Der Instrumental-Untersuchung der Pulsbewegungen, als der wichtigsten Art der Untersuchung überhaupt, wollen wir daher zuerst unsere Betrachtungen zuwenden. Ihr schliessen wir

an die Betastung des Pulses, die Inspection und endlich die Auskultation desselben.

Instrumental-Erforschung der Pulsbewegungen.

§. 3.

Schon seit der Mitte des 18. Jahrhunderts (1744) macht sich das Bestreben kund, die pulsatorische Bewegungen des Blutes mit Hülfe von Instrumenten zu ergründen, seit den so berühmt gewordenen Versuchen des Predigers zu Teddington, Stephan Hales.*)

Sehen wir ab von theils älteren ungenügend beschriebenen, theils von neueren als verfehlt zu bezeichnenden Methoden, die Pulsbewegungen zu messen und zu bestimmen,**) so kann man die zum vorliegenden Zwecke angegebenen Instrumente eintheilen in zwei grosse Gruppen, von denen die einen anzuwenden sind bei völlig unverletztem Körper, die dem entsprechend auch hauptsächlich für die Erforschung menschlicher Pulse berechnet sind, während die anderen nur bei blossgelegter Schlagader oder sogar nur erst nach Eröffnung derselben zur Anwendung gezogen werden können.

Die erste Gruppe umfasst die eigentlichen Pulszeichner, Sphygmographen, Sphygmometer oder Sphygmoscope.***) Zu der zweiten Gruppe gehören die sogenannten Blutkraftmesser.

---

*) Statik des Geblütes. Aus dem Englischen; Halle 1748.

**) Hierher gehört die Mittheilung von J. Struth l. c. pag. 103. — Ferner Marquet, Nouvelle méthode pour connaitre le pouls par les notes de la musique. Nancy 1747. — Bordeu, Recherches sur le pouls par rapport aux crises. Paris 1756—1768. — Fouquet, Essai sur le pouls par rapport aux affections des principaux organes. 1767.

***) Nach dem Sprachgebrauche der Alten würde man unter einem Sphygmographen ein Instrument verstehen, welches für die Aufzeichnung krankhaft erregter Pulse bestimmt sei, — ein solches für Registrirung des normalen Pulsschlages würde passender Palmograph heissen. In demselben Sinne müsste man streng genommen unterscheiden zwischen Sphygmologie und Palmologie.

Wir beginnen unsere Besprechung mit den Instrumenten dieser letzteren Art.

Hales' Pulsmanometer, Poiseuille's Hämodynamometer.

§. 4.

Stephan Hales band zuerst, um sowohl den Seitendruck des Blutes, als auch die Pulswellen kenntlich zu machen, eine lange Glasröhre in die Gefässwand ein. Vierordt*) schlägt folgende Modifikation der Hales'schen Methode vor, nämlich die Glasröhre an ihrem unteren Ende mit einem Hahne zu versehen und dieselbe vor Oeffnen des Hahnes mit einer 5—6 Fuss hohen Flüssigkeitssäule, einer Lösung von Natrium carbonicum, zu füllen. Dadurch verhütet man sowohl einen zu starken Uebergang des Blutes in die Röhre, als auch die frühzeitige Gerinnung desselben und kann die Erscheinungen des Seitendruckes auf diese Weise ganz unvermittelt, und zwar ausgedrückt durch das natürlichste Maass, nämlich die Höhe der Flüssigkeitssäule selbst, zur Anschauung bringen.

Die Hales'sche Glasröhre besass an ihrem unteren Ende ein dünnes winkelig gegen die Glasröhre gebogenes Kupferröhrchen. Letzteres wurde durch die Seitenwand der verletzten Arterie so in das Innere der Schlagader hineingesteckt und festgebunden, dass die Oeffnung des Röhrchens gegen das Herz hinsah. Die Hales'sche Röhre stellt also eigentlich zugleich eine sogenannte Pitot'sche Röhre dar. Pitot bediente sich nämlich 1732, um die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in Flüssen zu bestimmen, einer rechtwinkelig gebogenen, an dem einen Ende trichterförmig erweiterten Glasröhre. Letzteres Ende tauchte er so unter das Niveau des Flusswassers, dass die Strömung gegen die Trichteröffnung gerichtet war. Nach dem Grade der Strömungsgeschwindigkeit steigt in dem anderen senkrecht aus dem Wasser stehenden Röhrenschenkel das Wasser empor. Diese Erhebung h ist die sogenannte Geschwindigkeithöhe der Hydrauliker,

---

*) Die Lehre vom Arterienpuls Braunschweig 1855. pag. 4.

d. h. der Fallraum, welcher der gesuchten Geschwindigkeit entspricht. Nach den Fallgesetzen ist, wenn $g = 9{,}81$ Meter ist, die zu ermittelnde Geschwindigkeit $c = \sqrt{2gh}$.

Die Hales'sche Röhre misst also nicht allein den Blutdruck, sondern sie müsste nach der Theorie der Pitot'schen Röhre zugleich auch die Schnelligkeit des Blutstromes anzeigen. Allein der letztere Werth ist gegen den ersteren verschwindend klein. Der Wunsch läge nahe genug, sagt Vierordt,*) die, übrigens schon in der hydraulischen Praxis wegen des geringen Werthes von h mit Schwierigkeiten verbundene Pitot'sche Methode auch in die Hämotachometrie einzuführen. Man müsste zwei Hämodynamometer neben einander so einsetzen, dass die Mündung des einen in der gewöhnlichen Weise einen rechten Winkel mit der Längsaxe des Blutgefässes bilden würde, während die Mündung des anderen dem Blutstrome gerade entgegengesetzt wäre. Das erste Dynamometer würde also die Spannung des Blutes, das zweite die Spannung + der Geschwindigkeitshöhe angeben müssen. Leider ist zur Erfüllung dieser experimentellen Aufgabe nicht die geringste Aussicht vorhanden. Die Geschwindigkeitshöhe ist, bei den in den grösseren Blutgefässen vorkommenden Stromschnellen, verschwindend klein gegenüber der Druckhöhe und es würde von dem Hämodynamometer verlangt, eine mittlere Differenz von etwa $\frac{1}{2}$ Mill. Quecksilberhöhe mit Sicherheit anzugeben.

Poiseuille's Haemodynamometer. Statt der Hales'schen Röhre wandte Poiseuille eine mit Quecksilber gefüllte Manometerröhre zur Bestimmung des Blutdruckes an. Das Instrument, Hämodynamometer genannt, kann sowohl in die Seitenwand des Gefässes, als auch in den Querschnitt des durchschnittenen eingebunden werden. Es ist bekannt, dass C. Ludwig das Instrument wesentlich vervollständigte, indem er auf die schwingende Quecksilbersäule einen Schwimmer mit Schreibvorrichtung setzte, der auf einer rotirenden Trommel die Druckhöhe und die Bewegungen der Pulswellen verzeichnete. So entstand der Blutwellenzeichner, das Kymographion.

---

*) Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeiten des Blutes. Frankfurt 1858 pag. 24.

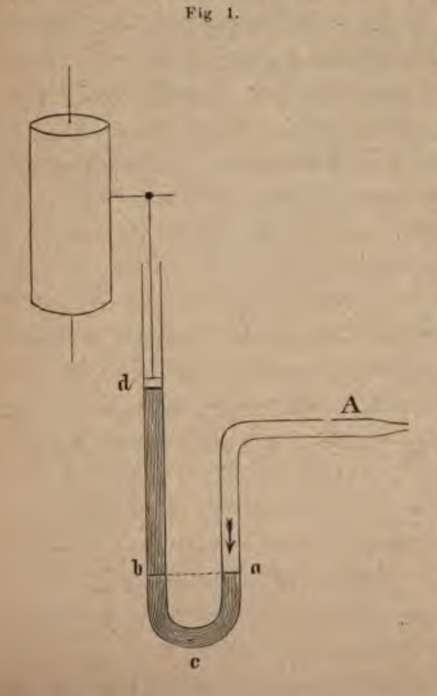
Ludwig's Kymographion, Experimentalkritik desselben.

§. 5.

Das von C. Ludwig construirte Instrument zur Registrirung des Blutdruckes und der Pulsbewegungen ist in seiner klassischen Einfachheit jedem Arzte bekannt. (Fig. 1.) Von seiner Entdeckung datirt eine neue Periode in der Lehre von der Blutbewegung. Wird das Instrument mit der lebendigen Schlagader in Verbindung gesetzt, so zeigt es einmal den Blutdruck in dem betreffenden Gefässe an und ausserdem verzeichnet es die pulsatorischen Bewegungen desselben. Wir müssen untersuchen, mit wie grosser Genauigkeit dies geschieht.

Mit vollem Rechte sagt A. Fick: „Ein entscheidendes Wort kann lediglich eine Experimentalkritik sprechen.“ Wir wollen daher auch an der Hand dieser unser Votum abgeben.

Fig. 1.



Was zunächst die Markirung des mittleren Blutdruckes anbetrifft, so müssen wir dem Instrumente unbedingt vor allen anderen den unbestrittenen Vorrang einräumen.

Namentlich ist in dieser Beziehung der Apparat mit der von J. Setchenow*) angegebenen Modifikation besonders empfehlenswerth. Dieser Forscher bringt in der Mitte der unteren Biegung der Glasröhre (bei c) einen Hahn an. Dreht man letzteren, nachdem er anfänglich weit geöffnet war, nun nach und nach mehr zu, so verschwinden endlich die von den

*) Eine neue Methode, die mittlere Grösse des Blutdruckes in den Arterien zu bestimmen. — Zeitschrift für rationelle Medizin. XII pag. 334.

einzelnen Pulsschlägen herrührenden Druckvariationen, und der Schwimmer zeichnet eine gerade Linie als den präcisen Ausdruck für die mittlere Blutdruckhöhe in der Arterie.

In dieser Modifikation gleicht in der That das Instrument einer höchst empfindlichen Wage. Denken wir uns nämlich einmal vorläufig nur das Quecksilber *a c b* in der gebogenen Röhre vorhanden, alles andere sei entfernt. Die beiden Niveauflächen *a* und *b* bilden dann gleichsam die Wagschaalen: lege ich auf *a* ein schwimmendes Gewichtchen, so wird *b* steigen und umgekehrt. Lasse ich nun auf die Fläche *a* den Blutdruck einer Schlagader pressen, so wird nur dann Gleichgewicht bestehen bleiben können, wenn ich auf *b* als Gegengewicht die Quecksilbersäule *b d* setze. Es wird daher der Druck in einer Schlagader gemessen nach der Differenz der Niveaus des Quecksilbers in den beiden Schenkeln der Manometer-Röhre = *b d*.

In Betreff der zweiten Frage, mit welcher Genauigkeit das Kymographion die einzelnen Pulsbewegungen aufzeichne, wird uns die nun folgende von mir unternommene Experimentalkritik den gewünschten Aufschluss ertheilen.

Ich untersuchte zuerst, in welchem Tempo das Quecksilber für sich allein innerhalb der Manometerröhre hin- und herschwinge und ich fand, dass dasselbe bei mittelgrossen Schwankungen in meinem Instrumente 84 ganze Schwingungen in einer Minute vollführe. Bei diesem Versuche war das Instrument völlig frei, so dass die Luft direct die Niveauflächen des Quecksilbers berührte. Hierauf verband ich mit dem hierzu bestimmten einen Ende der Röhre (*A*) eine elastische Cautschuckröhre, welche 135 Centimeter lang war, und einen Durchmesser im Lichten von $6\frac{1}{2}$ MM. besass, bei einer Stärke der Wandung von $1\frac{1}{2}$ MM.

Diese Röhre füllte ich mit Wasser, bis es das Niveau des Quecksilbers erreichte und nachdem sorgfältig alle Luft entfernt war, verstärkte ich den Wasserdruck bis auf 76 MM. Quecksilber und verschloss nun endlich das freie Ende der elastischen Röhre vollständig. Unmittelbar vor die Verschlussstelle der Röhre legte ich eine 30 MM. breite Glasplatte so auf die elastische Röhre, dass allemal diese letztere an der Berührungsstelle comprimirt wurde, wenn ein Druck von Oben her die Glasplatte fest nieder-

Ludwig's Kymographion, Experimentalkritik desselben.

§. 5.

Das von C. Ludwig construirte Instrument zur Registrirung des Blutdruckes und der Pulsbewegungen ist in seiner klassischen Einfachheit jedem Arzte bekannt. (Fig. 1.) Von seiner Entdeckung datirt eine neue Periode in der Lehre von der Blutbewegung. Wird das Instrument mit der lebendigen Schlagader in Verbindung gesetzt, so zeigt es einmal den Blutdruck in dem betreffenden Gefässe an und ausserdem verzeichnet es die pulsatorischen Bewegungen desselben. Wir müssen untersuchen, mit wie grosser Genauigkeit dies geschieht.

Mit vollem Rechte sagt A. Fick: „Ein entscheidendes Wort kann lediglich eine Experimentalkritik sprechen.“ Wir wollen daher auch an der Hand dieser unser Votum abgeben.

Fig 1.

d A b a c

Was zunächst die Markirung des mittleren Blutdruckes anbetrifft, so müssen wir dem Instrumente unbedingt vor allen anderen den unbestrittenen Vorrang einräumen.

Namentlich ist in dieser Beziehung der Apparat mit der von J. Setchenow*) angegebenen Modifikation besonders empfehlenswerth. Dieser Forscher bringt in der Mitte der unteren Biegung der Glasröhre (bei c) einen Hahn an. Dreht man letzteren, nachdem er anfänglich weit geöffnet war, nun nach und nach mehr zu, so verschwinden endlich die von den

*) Eine neue Methode, die mittlere Grösse des Blutdruckes in den Arterien zu bestimmen. — Zeitschrift für rationelle Medizin. XII pag. 334.

einzelnen Pulsschlägen herrührenden Druckvariationen, und der Schwimmer zeichnet eine gerade Linie als den präcisen Ausdruck für die mittlere Blutdruckhöhe in der Arterie.

In dieser Modifikation gleicht in der That das Instrument einer höchst empfindlichen Wage. Denken wir uns nämlich einmal vorläufig nur das Quecksilber *a c b* in der gebogenen Röhre vorhanden, alles andere sei entfernt. Die beiden Niveauflächen *a* und *b* bilden dann gleichsam die Wagschaalen: lege ich auf *a* ein schwimmendes Gewichtchen, so wird *b* steigen und umgekehrt. Lasse ich nun auf die Fläche *a* den Blutdruck einer Schlagader pressen, so wird nur dann Gleichgewicht bestehen bleiben können, wenn ich auf *b* als Gegengewicht die Quecksilbersäule *b d* setze. Es wird daher der Druck in einer Schlagader gemessen nach der Differenz der Niveaus des Quecksilbers in den beiden Schenkeln der Manometer-Röhre = *b d*.

In Betreff der zweiten Frage, mit welcher Genauigkeit das Kymographion die einzelnen Pulsbewegungen aufzeichne, wird uns die nun folgende von mir unternommene Experimentalkritik den gewünschten Aufschluss ertheilen.

Ich untersuchte zuerst, in welchem Tempo das Quecksilber für sich allein innerhalb der Manometerröhre hin- und herschwinge und ich fand, dass dasselbe bei mittelgrossen Schwankungen in meinem Instrumente 84 ganze Schwingungen in einer Minute vollführe. Bei diesem Versuche war das Instrument völlig frei, so dass die Luft direct die Niveauflächen des Quecksilbers berührte. Hierauf verband ich mit dem hierzu bestimmten einen Ende der Röhre (*A*) eine elastische Cautschuckröhre, welche 135 Centimeter lang war, und einen Durchmesser im Lichten von $6\frac{1}{2}$ MM. besass, bei einer Stärke der Wandung von $1\frac{1}{2}$ MM.

Diese Röhre füllte ich mit Wasser, bis es das Niveau des Quecksilbers erreichte und nachdem sorgfältig alle Luft entfernt war, verstärkte ich den Wasserdruck bis auf 76 MM. Quecksilber und verschloss nun endlich das freie Ende der elastischen Röhre vollständig. Unmittelbar vor die Verschlussstelle der Röhre legte ich eine 30 MM. breite Glasplatte so auf die elastische Röhre, dass allemal diese letztere an der Berührungsstelle comprimirt wurde, wenn ein Druck von Oben her die Glasplatte fest nieder-

Ludwig's Kymographion, Experimentalkritik desselben.

§. 5.

Das von C. Ludwig construirte Instrument zur Registrirung des Blutdruckes und der Pulsbewegungen ist in seiner klassischen Einfachheit jedem Arzte bekannt. (Fig. 1.) Von seiner Entdeckung datirt eine neue Periode in der Lehre von der Blutbewegung. Wird das Instrument mit der lebendigen Schlagader in Verbindung gesetzt, so zeigt es einmal den Blutdruck in dem betreffenden Gefässe an und ausserdem verzeichnet es die pulsatorischen Bewegungen desselben. Wir müssen untersuchen, mit wie grosser Genauigkeit dies geschieht.

Mit vollem Rechte sagt A. Fick: „Ein entscheidendes Wort kann lediglich eine Experimentalkritik sprechen." Wir wollen daher auch an der Hand dieser unser Votum abgeben.

Fig. 1.

Was zunächst die Markirung des mittleren Blutdruckes anbetrifft, so müssen wir dem Instrumente unbedingt vor allen anderen den unbestrittenen Vorrang einräumen.

Namentlich ist in dieser Beziehung der Apparat mit der von J. Setchenow*) angegebenen Modifikation besonders empfehlenswerth. Dieser Forscher bringt in der Mitte der unteren Biegung der Glasröhre (bei *c*) einen Hahn an. Dreht man letzteren, nachdem er anfänglich weit geöffnet war, nun nach und nach mehr zu, so verschwinden endlich die von den

*) Eine neue Methode, die mittlere Grösse des Blutdruckes in den Arterien zu bestimmen. — Zeitschrift für rationelle Medizin. XII pag. 334.

einzelnen Pulsschlägen herrührenden Druckvariationen, und der Schwimmer zeichnet eine gerade Linie als den präcisen Ausdruck für die mittlere Blutdruckhöhe in der Arterie.

In dieser Modifikation gleicht in der That das Instrument einer höchst empfindlichen Wage. Denken wir uns nämlich einmal vorläufig nur das Quecksilber *a c b* in der gebogenen Röhre vorhanden, alles andere sei entfernt. Die beiden Niveauflächen *a* und *b* bilden dann gleichsam die Wagschaalen: lege ich auf *a* ein schwimmendes Gewichtchen, so wird *b* steigen und umgekehrt. Lasse ich nun auf die Fläche *a* den Blutdruck einer Schlagader pressen, so wird nur dann Gleichgewicht bestehen bleiben können, wenn ich auf *b* als Gegengewicht die Quecksilbersäule *b d* setze. Es wird daher der Druck in einer Schlagader gemessen nach der Differenz der Niveaus des Quecksilbers in den beiden Schenkeln der Manometer-Röhre = *b d*.

In Betreff der zweiten Frage, mit welcher Genauigkeit das Kymographion die einzelnen Pulsbewegungen aufzeichne, wird uns die nun folgende von mir unternommene Experimentalkritik den gewünschten Aufschluss ertheilen.

Ich untersuchte zuerst, in welchem Tempo das Quecksilber für sich allein innerhalb der Manometerröhre hin- und herschwinge und ich fand, dass dasselbe bei mittelgrossen Schwankungen in meinem Instrumente 84 ganze Schwingungen in einer Minute vollführe. Bei diesem Versuche war das Instrument völlig frei, so dass die Luft direct die Niveauflächen des Quecksilbers berührte. Hierauf verband ich mit dem hierzu bestimmten einen Ende der Röhre (*A*) eine elastische Cautschuckröhre, welche 135 Centimeter lang war, und einen Durchmesser im Lichten von $6\frac{1}{2}$ MM. besass, bei einer Stärke der Wandung von $1\frac{1}{2}$ MM.

Diese Röhre füllte ich mit Wasser, bis es das Niveau des Quecksilbers erreichte und nachdem sorgfältig alle Luft entfernt war, verstärkte ich den Wasserdruck bis auf 76 MM. Quecksilber und verschloss nun endlich das freie Ende der elastischen Röhre vollständig. Unmittelbar vor die Verschlussstelle der Röhre legte ich eine 30 MM. breite Glasplatte so auf die elastische Röhre, dass allemal diese letztere an der Berührungsstelle comprimirt wurde, wenn ein Druck von Oben her die Glasplatte fest nieder-

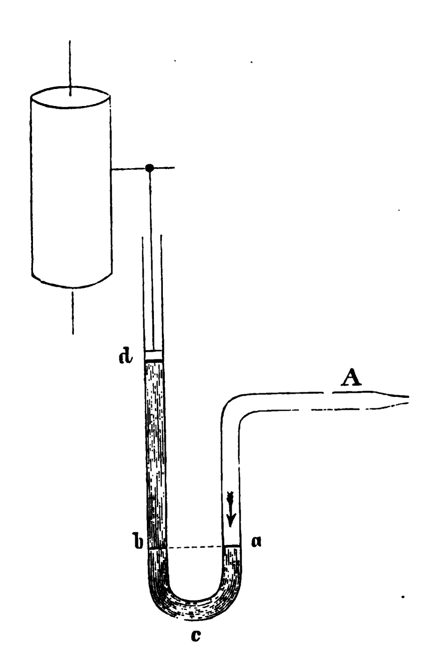
Ludwig's Kymographion, Experimentalkritik desselben.

§. 5.

Das von C. Ludwig construirte Instrument zur Registrirung des Blutdruckes und der Pulsbewegungen ist in seiner klassischen Einfachheit jedem Arzte bekannt. (Fig. 1.) Von seiner Entdeckung datirt eine neue Periode in der Lehre von der Blutbewegung. Wird das Instrument mit der lebendigen Schlagader in Verbindung gesetzt, so zeigt es einmal den Blutdruck in dem betreffenden Gefässe an und ausserdem verzeichnet es die pulsatorischen Bewegungen desselben. Wir müssen untersuchen, mit wie grosser Genauigkeit dies geschieht.

Mit vollem Rechte sagt A. Fick: „Ein entscheidendes Wort kann lediglich eine Experimentalkritik sprechen.“ Wir wollen daher auch an der Hand dieser unser Votum abgeben.

Fig. 1.



Was zunächst die Markirung des mittleren Blutdruckes anbetrifft, so müssen wir dem Instrumente unbedingt vor allen anderen den unbestrittenen Vorrang einräumen.

Namentlich ist in dieser Beziehung der Apparat mit der von J. Setchenow*) angegebenen Modifikation besonders empfehlenswerth. Dieser Forscher bringt in der Mitte der unteren Biegung der Glasröhre (bei c) einen Hahn an. Dreht man letzteren, nachdem er anfänglich weit geöffnet war, nun nach und nach mehr zu, so verschwinden endlich die von den

*) Eine neue Methode, die mittlere Grösse des Blutdruckes in den Arterien zu bestimmen. — Zeitschrift für rationelle Medizin. XII pag. 334.

einzelnen Pulsschlägen herrührenden Druckvariationen, und der Schwimmer zeichnet eine gerade Linie als den präcisen Ausdruck für die mittlere Blutdruckhöhe in der Arterie.

In dieser Modifikation gleicht in der That das Instrument einer höchst empfindlichen Wage. Denken wir uns nämlich einmal vorläufig nur das Quecksilber *a c b* in der gebogenen Röhre vorhanden, alles andere sei entfernt. Die beiden Niveauflächen *a* und *b* bilden dann gleichsam die Wagschaalen: lege ich auf *a* ein schwimmendes Gewichtchen, so wird *b* steigen und umgekehrt. Lasse ich nun auf die Fläche *a* den Blutdruck einer Schlagader pressen, so wird nur dann Gleichgewicht bestehen bleiben können, wenn ich auf *b* als Gegengewicht die Quecksilbersäule *b d* setze. Es wird daher der Druck in einer Schlagader gemessen nach der Differenz der Niveaus des Quecksilbers in den beiden Schenkeln der Manometer-Röhre = *b d*.

In Betreff der zweiten Frage, mit welcher Genauigkeit das Kymographion die einzelnen Pulsbewegungen aufzeichne, wird uns die nun folgende von mir unternommene Experimentalkritik den gewünschten Aufschluss ertheilen.

Ich untersuchte zuerst, in welchem Tempo das Quecksilber für sich allein innerhalb der Manometerröhre hin- und herschwinge und ich fand, dass dasselbe bei mittelgrossen Schwankungen in meinem Instrumente 84 ganze Schwingungen in einer Minute vollführe. Bei diesem Versuche war das Instrument völlig frei, so dass die Luft direct die Niveauflächen des Quecksilbers berührte. Hierauf verband ich mit dem hierzu bestimmten einen Ende der Röhre (*A*) eine elastische Cautschuckröhre, welche 135 Centimeter lang war, und einen Durchmesser im Lichten von $6\frac{1}{2}$ MM. besass, bei einer Stärke der Wandung von $1\frac{1}{2}$ MM.

Diese Röhre füllte ich mit Wasser, bis es das Niveau des Quecksilbers erreichte und nachdem sorgfältig alle Luft entfernt war, verstärkte ich den Wasserdruck bis auf 76 MM. Quecksilber und verschloss nun endlich das freie Ende der elastischen Röhre vollständig. Unmittelbar vor die Verschlussstelle der Röhre legte ich eine 30 MM. breite Glasplatte so auf die elastische Röhre, dass allemal diese letztere an der Berührungsstelle comprimirt wurde, wenn ein Druck von Oben her die Glasplatte fest nieder-

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn so zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute,

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4,_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und zugleich weniger voluminöse einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn so zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute,

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4{,}_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und zugleich w e n i g e r v o l u m i n ö s e einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn so zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute,

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn so zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute,

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4,_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und z u g l e i c h w e n i g e r v o l u m i n ö s e einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn so zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute,

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4{,}_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und zugleich weniger voluminöse einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn so zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute,

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4,_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und z u g l e i c h w e n i g e r v o l u m i n ö s e einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Min

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4{,}_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und z u g l e i c h w e n i g e r v o l u m i n ö s e einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4{,}_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und *zugleich weniger voluminöse* einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

drückte. Wurde dieselbe niedergedrückt gehalten, so war der dauernde Stand des Quecksilbers 86 MM. Letztere Zahl giebt uns also das Maximum des dauernden Niveaustandes an während dieser partiellen Compression der elastischen Röhre.

Sodann ermittelte ich die Schwingungsdauer der Quecksilbersäule bei dieser Anordnung, jedoch ohne die besagte partielle Compression und fand, dass bei mittelgrossen Schwankungen 112 ganze Schwingungen in einer Minute vollführt wurden.

Hierauf bestimmte ich, wie hoch das Quecksilber stieg, wenn ich ein einziges Mal schnell die Compression vollführte und unmittelbar darauf wieder aufhob. Bei diesem Versuche stieg die Quecksilbersäule bis auf 93 MM., überschritt also das Maximum des Quecksilberstandes bei ruhig andauernder Compression um 7 MM.

Von dieser Steigerung kehrte die Säule erst zur Ruhe auf 76 MM. zurück, nachdem sie 15 in ihrer Grösse stets abnehmende Oscillationen vollführt hatte.

Hieran schloss ich den Versuch, dass ich die Compression sehr schnell hintereinander, nämlich 76 Mal in der Viertelminute ausführte. Hierbei stieg die Quecksilbersäule nur bis auf 82, blieb also um 4 MM. unter dem ermittelten Maximum bei ruhig gehaltener Compression zurück.

Nunmehr vollführte ich die Compression intermittirend genau in der Zeitdauer, welche die Eigenschwingungen des Quecksilbers angegeben hatten. Hierbei stieg das Niveau stets mit jedem Schlage höher, bis es die Höhe von 112 MM. Quecksilber erreicht hatte. Das Quecksilber erreichte also hier einen Höhepunkt, der um 26 MM. das ermittelte Maximum von 86 MM. überragte.

Es musste nun ermittelt werden, wie die Schwingungen der Quecksilbersäule sich verhielten, wenn Druckschwankungen von ungleicher Zeitdauer auf sie einwirkten. Zu dem Behufe wurde die Compression des Schlauches anfänglich 112 Mal in der Minute ausgeführt, bis die Quecksilbersäule in lebhafte Oscillation versetzt worden war. Alsdann machte ich von Zeit zu Zeit an einer Compression einen schnellen Vorschlag, wodurch indessen gleichfalls das Rohr in derselben Weise comprimirt wurde. Wenn so zwischen die regelmässigen Compressionen, 112 in der Minute,

von Zeit zu Zeit eine schnelle Doppelcompression eingeschaltet wurde, so gab hiervon die schwingende Quecksilbersäule keine Andeutung. Obgleich also das betreffende Stück der Röhre statt eines, zwei Male in derselben Weise comprimirt worden war, machte das Quecksilber nur Eine grosse Schwingung. Hieraus folgt also, dass das Kymographion unter begünstigenden Umständen kurzdauernde Druckvariationen gar nicht vermerkt.

Ich vollführte noch einen anderen Versuch, der mit gleicher Deutlichkeit dasselbe zu erkennen gibt. Ich versetzte wiederum zuerst die Quecksilbersäule durch periodische Drucke von $\frac{1}{112}$ Minute in ergiebige Schwingungen und nachdem diese im Gange waren, änderte ich mit dem Eintritte der nächstfolgenden Schwingung plötzlich das Tempo der Compressionsbewegung, indem ich nun statt 112 in einer Minute 448 Mal, also vier Mal so häufig den Schlauch comprimirte. Registirte das Instrument die Druckschwankungen genau, so müsste sofort mit dem Eintritte des schnellen Tempo's die Quecksilbersäule auch 4 Mal schnellere Oscillationen zeigen müssen. Das war aber nicht der Fall. Das Quecksilber machte vielmehr nach dem Beginne des schnellen Druckwechsels erst noch 8 ganze Schwankungen von der Zeit des langsamen Tempo's. Die ersten dieser 8 Schwankungen zeigten keine Spur von dem neuen Tempo beigemischt, d. h. kleinere Oscillationen an den grossen Schwankungen; erst die letzteren liessen diese erkennen. Erst nach dem Verlaufe von diesen 8 Schwankungen, also nach $4{,}_{28}$ Sekunden hatte das Quecksilber Schwingungen angenommen, welche ungestört den schnelleren Compressionen entsprachen. Es waren also bis zu diesem Zeitmomente 32 schnelle Compressionen ausgeführt worden, von denen die ersteren gar nicht, die übrigen, durch die früheren langsameren Schwingungen gestört, zur Perception kamen.

Das Verhältniss wird sich natürlich noch ungünstiger gestalten, wenn man zwischen die periodischen langsamen Compressionen hin und wieder kürzere und z u g l e i c h w e n i g e r v o l u m i n ö s e einschaltet. Bis dahin hatte ich nur kurzdauernde Compressionen eingeschaltet, welche sich aber auf dieselbe Länge des elastischen Schlauches erstreckten, als die langdauernden.

Liess ich die Compression langsam auf den elastischen

Schlauch einwirken, so stieg das Quecksilber langsam bis zum Maximum bei 86 MM.; liess ich hingegen die Compression schnell einwirken, so stieg, wie ich schon angegeben habe, das Quecksilber über 86 hinaus bis auf 93 MM.

Endlich untersuchte ich, welchen Einfluss die Länge der elastischen Röhre, welche mit dem Kymographion in Verbindung steht und in welcher sich unter dem hohen Drucke die Flüssigkeit befindet, auf die Nachschwingungen der Quecksilbersäule ausübe. Die Eigenschwingungen des Quecksilbers allein für sich betrugen bei mittelgrossen Schwankungen in der freien Manometerröhre 84 in einer Minute ($1 = 0{,}_{71}$ Sekunden). Als mit der letzteren der beschriebene 135 Centimeter lange wassergefüllte Cautschuckschlauch in Verbindung gesetzt war, bei einem Drucke von 76 MM. Quecksilber, waren die Eigenschwingungen des einmal aus seiner Gleichgewichtslage gebrachten Metalles in 1 Minute ($1 = 0{,}_{54}$ Sekunden). Als ich endlich von demselben Schlauche nur 36 Centimeter unter demselben Drucke mit der Manometerröhre in Verbindung liess, waren die Nachschwingungen 124 in einer Minute ($1 = 0{,}_{48}$ Sekunden). Hieraus folgt, dass bei gleichem Drucke die Länge des mit dem Quecksilbermanometer in Verbindung gesetzten elastischen Rohres von Einfluss ist auf die Zahl der Nachschwingungen des flüssigen Metalles. Das beweist auch folgender Versuch. Ich setzte mit dem Manometer eine elastische Röhre in Verbindung von 90 Centimeter Länge, deren Wand 1 MM. und deren Lumen $8{,}_5$ MM. im Lichten maass. Die Röhre war bis zum Quecksilber mit Wasser gefüllt und am Ende geschlossen. Die Quecksilbersäule selbst zeigte, dass der Druck im Rohre 68 MM. betrug. Die Eigenschwingung des Quecksilbers war bei dieser Anordnung 22 in $\frac{1}{4}$ Minute. Als der Schlauch bis auf 25 CM. abgeschnürt war, schwang bei demselben Drucke das Metall 35 Mal in $\frac{1}{4}$ Minute, als er endlich bis auf 5 CM. abgeschnürt war, schwang es bei demselben Drucke 60 Mal in $\frac{1}{4}$ Minute. Die Zahl der Schwingungen des Quecksilbers im Kymographion resultirt also aus der Zahl der Eigenschwingung des Metalls und aus den Schwingungen der gespannten Gefässwand.

§. 6.

Nach den Ergebnissen dieser Versuche kann das Urtheil über die Zuverlässigkeit des Quecksilbermanometers als Zeichner der pulsatorischen Bewegungen in den Schlagadern kein günstiges sein. Suchen wir die Ergebnisse der Versuche auf die Kreislaufsverhältnisse hin zu prüfen.

Es fragt sich zuerst, registrirt das Instrument die Zahl der Pulsationen richtig? Hierauf müssen wir antworten: in den meisten Fällen „ja". Aber es wird auch Ausnahmen geben, in denen dies nicht der Fall ist Denken wir uns die Nn. vagi werden gereizt, so dass das Herz nur seltene grosse Contractionen vollführt. Plötzlich werden momentan beide Nn. vagi durchschnitten und das Herz macht sofort bedeutend häufigere und kleinere Zusammenziehungen bei gesteigertem Drucke. Ich glaube nicht, dass das Quecksilber im Stande sein wird, den plötzlich eintretenden kleinen und schleunigen Druckschwankungen zu folgen. Indessen derartige Fälle, in denen langsame grosse Druckschwankungen bei niedrigem mittleren Drucke momentan schnelle kleine Variationen bei hohem mittleren Drucke folgen, sind immer doch nur selten; für weniger schroffen Wechsel will ich der Zahlangabe des Kymographions gern Vertrauen schenken.

Wir müssen nun sehen, in wiefern die vom Kymographion registrirte Form der Pulswellen den wirklichen Bewegungsvorgängen in der Arterie entspricht:

1) Wir haben gesehen, dass die Länge des mit dem Instrumente verbundenen elastischen Rohres von Einfluss ist auf die Zahl der Eigenschwingungen der unter dem erhöhten Drucke stehenden Quecksilbersäule. Daraus folgt, dass das Instrument in verschieden lange Arterien eingebunden, verschieden lang dauernde Eigenschwingungen vollführen muss.

2) Ist die Schnelligkeit des Pulses gleich, oder auch nur annähernd gleich der Eigenschwingung des Quecksilbers des in die Arterie eingebundenen Manometers, so wird die Grösse der verzeichneten Pulswellen bedeutend grös-

ser durch das Instrument angegeben, als es dem Zuwachs des Druckes bei jedem Pulse entspricht.

3) Diese übermässig grosse Darstellung findet, wenngleich im geringeren Grade, auch noch statt, wenn einzelne langsame Systolen erfolgen.

4) Bei sehr frequentem Pulse werden die verzeichneten Curven sämmtlich zu klein verzeichnet. Zu den Ergebnissen in 3 und 4 waren auch die Experimentalforschungen von Fick, Tachau und Schummer gelangt.

5) Die Grösse der verzeichneten Pulscurven kann also der Grösse der wirklichen Druckzunahme nur bei einer mittleren empirisch zu bestimmenden Pulsfrequenz entsprechen, aber auch nur dann, wenn diese mittlere Pulsfrequenz nicht annähernd gleich ist der Frequenz der Eigenschwingung des Quecksilbers in der eingebundenen Röhre. Daher wird wohl nur in seltenen Fällen die Curve die wahre Grösse der wirklichen systolischen Druckerhöhung anzeigen.

6) Combiniren sich grössere Quecksilberschwankungen, etwa in Folge forcirter Respirationsbewegungen, mit kleineren Pulsschwankungen, so können sogar letztere gänzlich verwischt werden.

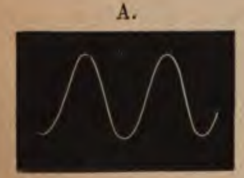
7) Was die Form jeder einzelnen Pulscurve insbesondere betrifft, so ist darauf zu achten, dass das Instrument überhaupt nur im Stande ist, dieselbe richtig wiederzugeben, wenn dasselbe in die Seitenwand des in seiner Continuität nicht unterbrochenen Gefässes eingebunden wird, und zwar ohne elastisches Mittelstück. Wir wissen aus unsern Versuchen an elastischen Röhren und an den Pulsen, dass die Rückstosswellen um so später erscheinen, je länger das elastische Rohr ist, und umgekehrt um so früher, je kürzer dasselbe. Binden wir also das Manometer in den Querschnitt des durchschnittenen Gefässes ein, so verkürzen wir die Schlagader, müssen also nothwendiger Weise den Eintritt der Rückstosselevation beschleunigen.

8) In den zu Kymographion-Versuchen gewöhnlich benutzten Arterien des Hundes schliesst sich die Rückstosselevation so schnell an die primäre Pulserhebung an, dass das Quecksilber dieser schnellen und zugleich kleinen Druckvariationen nicht folgen kann Das Quecksilber schwankt hier nur nach dem Tempo des grösseren Pulsschlages und kann zwischengelegten viel kleineren Druckschwankungen nicht nachgeben. Aus diesem Grunde sind die Kymographioncurven bei der gewöhnlichen Applikationsweise meist einfachen gleichschenkeligen Hügelerhebungen ähnlich ohne jede Spur einer verzeichneten Rückstosselevation (Figur 2, A.).

9) Wir sind indessen wohl im Stande, an den Kymographioncurven einen Nachschlag verzeichnen zu lassen. Zu dem Behufe braucht man nur die durchschnittene Arterie mit dem Instrumente mit einem elastischen Cautschuckschlauche zu verbinden, welcher in Verbindung mit der Arterie ein so langes elastisches Rohr darstellt, dass die Quecksilberschwingungen etwa halb so lang sind, als die Zeit zwischen zwei Systolen. Alsdann schwankt das Quecksilber periodisch sowohl bei jeder Systole, als auch in der Mitte zwischen zweien Systolen in Folge der Eigenschwingung. Die systolischen Schwankungen sind grösser alsdann, als die von den Eigenschwingungen herrührenden. Ich habe Pulscurven der Art. femoralis eines grossen gesunden Hundes auf die angegebene Weise deutlich mit derartigem dikrotischem Nachschlage verzeichnet (Figur 2, B.)

Fig. 2.

A.



B.



Natürlich ist das kein normaler Dicrotus, sondern nur ein Pseudo-dicrotus, lediglich durch Nachschwingung des durch die Systole in Bewegung gesetzten Quecksilbers

erzeugt Möglich ist es allerdings immerhin, dass die in der combinirten elastischen Röhre wirklich vorhandene Rückstosselevation zur deutlichen Ausbildung der sekundären Erhebung an der Curve beigetragen haben mag.

Auch noch unter anderen Verhältnissen kommt die Rückstosselevation an den Pulscurven des Kymographions mitunter zur Erscheinung. Allein, unbeständig wie sie ist, liefert sie uns eben durch ihre Unbeständigkeit den Beweis für die Unzuverlässigkeit des Instrumentes.

10) Das Kymographion verzeichnet nicht richtig die Verhältnisse der Pulscelerität, d h. die Abscissen für die Zeiten der Systole und Diastole des Pulses sind in unrichtigem Verhältnisse dargestellt, und zwar zeichnet das Instrument die Systole zu lang, die Diastole zu kurz Der Grund für diese Verunstaltung liegt in dem zeitlich annähernd gleichmässigen Hin- und Herschwanken des Quecksilbers.

11) Elasticitätsschwankungen der Arterienwand vermag das Kymographion nicht anzugeben. Desshalb nicht, weil das Instrument überhaupt kurzperiodische Druckvariationen, welche gleichzeitig mit grossen einhergehen, oft nicht zu registriren im Stande ist, da das Quecksilber meist nur den grossen Schwankungen Folge gibt.

Fassen wir schliesslich unser Urtheil über das Kymographion als registrirendes Instrument für die Druckschwankungen im Arteriensystem zusammen, so lautet dasselbe:

Das Kymographion ist als Anzeiger des mittleren Blutdruckes unübertroffen und das beste aller Instrumente hierfür; ausserdem gibt es die Zahl der Pulsschläge richtig an mit Ausnahme in der Periode, wo ein äusserst frequenter Puls momentan sich einem verlangsamten anschliesst Dagegen ist die Grösse der verzeichneten Pulscurven nur in Ausnahmefällen der systolischen Druckvariation entsprechend und die Form der Pulscurve ist gänzlich verschieden von der wahren Bewegung in der Arterie.

Auf die Unzulänglichkeit des Kymographions als Pulscurven zeichnendes Instrument hat schon früher Vierordt*) hingewiesen, und zwar mit Recht. Auch Valentin hatte Bedenken geäussert; den ersteren dieser beiden Forscher leitete bei diesem Urtheile zum Theil die eigene Experimentation, zum Theil ein von Redtenbacher**) gegebenes Calcul. Das letztere ist hingegen, wie A. Fick***) zuerst hervorhob, nicht durchweg zutreffend, denn Redtenbacher hat die Unzulänglichkeit des Instrumentes herleiten wollen aus den Eigenschwingungen des Quecksilbers. Hierbei hat er aber den Widerstand unberücksichtigt gelassen, welchen die Pulsbewegungen in der Schlagader fortwährend diesen Eigenschwingungen entgegensetzen. Denken wir uns die Pulsbewegungen auf das in seinen Eigenschwingungen oscillirende Quecksilber einwirken, so legen sich offenbar zwei Schwingungsperioden übereinander, nämlich die der Eigenschwingungen des Quecksilbers und die der Variationen des Blutdruckes. A. Fick und mit ihm Mach glaubt nun, dass die Eigenschwingungen des Quecksilbers des Widerstandes von Seiten der Pulsbewegung wegen allmählich abnehmen müssen und dass sie endlich unmerklich werden können. Hiermit war natürlich das letzte Wort in dieser Sache nicht gesprochen.

Ich glaube nicht, dass sich die Frage über die Zuverlässigkeit des Instrumentes überhaupt durch das Calcul allein lösen lassen wird, und bin daher zur vorstehenden Experimentalkritik veranlasst worden.

Fick's Blutwellenzeichner.

§. 7.

Fick beschreibt den von ihm construirten Blutwellenzeichner in folgender Weise:†)

„An die Stelle des Quecksilbermanometers tritt das Bour-

---

*) Lehre vom Arterienpuls. pag. 4—14.

**) In Vierordt's Buch, und Archiv für physiologische Heilkunde. II. p 135.

***) Medizinische Physik pag. 473.

†) Ein neuer Blutwellenzeichner. Archiv für Anatomie, Physiologie etc von Reichert und Dubois-Reymond. 1864. pag. 583–589.

don'sche Manometer, d. h. eine hohle Messingfeder von flach elliptischem Querschnitt. Sie ist kreisförmig gekrümmt. Das eine Ende ist fest, das andere frei. Bekanntlich streckt sich eine solche Feder, wenn in ihrem Innern der Druck steigt. Bei meinem neuen Blutwellenzeichner ist die Feder mit Alkohol gefüllt, und ihr Inneres wird durch geeignete Schläuche mit dem Blutgefässe in Verbindung gesetzt Die Schläuche sind natürlich mit kohlensaurer Natronlösung gefüllt. Den Schwankungen des Blutdruckes entsprechend macht nun das freie Federende ganz kleine, kaum sichtbare Bewegungen. Diese werden durch ein Hebelwerk auf eine Stahlspitze in vergrössertem Maassstabe übertragen. Das Hebelwerk stellt eine in der technischen Mechanik sogenannte „Gradfächerung" dar, und das ganze ist so am Stativ des Kymographion befestigt, dass die Stahlspitze sich nur in einer den Seiten der Trommel parallelen Senkrechten auf- und abbewegen kann Lehnt also die Spitze gerade an die berusste und gedrehte Trommel, so zeichnet sie, wenn der Druck schwankt, eine Wellenlinie auf dieselbe, in derselben Weise, wie der Zeichenstift am Schwimmer des Quecksilbermanometers. Das Hebelwerk ist aus schmalen Schilfstreifchen verfertigt, so dass es im Ganzen nur einige Decigramme wiegt. Wegen der grossen Uebersetzung — sie ist in dem einen bis jetzt ausgeführten Exemplare etwa 30fach — war gleichwohl die Rückwirkung der Trägheit des Hebelwerkes auf das Federende nicht unbedeutend und das Instrument zeigte daher noch immer höchst störende Eigenschwingungen, sowie sehr rapide Druckschwankungen darauf wirkten. Diesem einzigen noch übrigen Uebelstande wurde jedoch auf's vollständigste abgeholfen durch Einführung eines Widerstandes gegen die Bewegungen des Hebelwerkes. Der den Zeichenstift tragende Hebel wurde nämlich nach unten um etwas verlängert, und an sein Ende ein Papierblättchen befestigt, das sich in Oel bewegt."

Fick hat im Vereine mit Tachau das neue Instrument einer Experimentalkritik unterzogen, die sich sehr günstig über dasselbe geäussert hat.*) Behufs der Prüfung wurde eine kleine

*) Siehe die Oben citirte Arbeit von Fick; ferner Tachau Experimentalkritik eines neuen von A. Fick construirten Blutwellenzeichners. Zürich 1864. (Dissertation.)

Spritze mit dem Innern der Manometerfeder in Verbindung gesetzt und es wurde nun der Stempel zwischen den beiden extremsten Lagen bald schnell, bald langsam hin- und herbewegt. Hierbei zeigte sich nun, dass der Zeichenstift sich gleichfalls innerhalb zweier entsprechenden extremsten Lagen bewegte. Fehlerhaft arbeitete dagegen das im Vergleich mitgeprüfte Kymographion. Dieses letztere vermochte nur die Bewegungen richtig zu verzeichnen, wenn dieselben in einem bestimmten Tempo ausgeführt wurden. Schnellere Bewegungen zeichnete es hingegen stets zu klein, langsamere stets zu gross. Das neue Federmanometer war überdies im Stande, Einzelheiten im Gange der Druckschwankungen völlig richtig zu registriren, von denen das Kymographium keine Spuren andeutete.

Später hat Schummer*) eine vergleichende Prüfung des Kymographions und des Fick'schen Federmanometers vorgenommen. In den meisten Versuchen wurde in eine grössere Schlagader von Hunden oder Kälbern eine gabelförmige Röhre eingebunden und mit der einen Gabel das Kymographion, mit der anderen das Federmanometer in Verbindung gesetzt Es wurden nun sowohl bei normaler Herzthätigkeit, als auch bei vermehrter Action in Folge der Vagidurchschneidung und endlich bei retardirter Bewegung in Folge von Vagusreizung Curven von beiden Instrumenten registrirt. Im Allgemeinen kam nun Schummer zu denselben Resultaten, welche auch Fick und Tachau erzielt hatten. Bei mittlerer Pulsfrequenz (80—90 in der Minute) und normaler Energie des Herzens zeichneten beide Instrumente ziemlich gleich nach Grösse und Form

Allein das Zeitverhältniss zwischen Systole und Diastole verzeichnete das Quecksilbermanometer fehlerhaft und entstellt. Bei beschleunigter Herzaction zeichnete sich wiederum das letztere Instrument durch fehlerhafte, nämlich durch zu klein registrirte Curven aus, bei verminderter Herzaction durch relativ zu grosse, gerade wie Fick und Tachau angegeben haben. Traten bei den Versuchen beträchtliche Druckschwankungen ein in Folge abnor-

---

*) A. F. Schummer, Vergleichende Prüfung der Pulswellenzeichner von C. Ludwig und A. Fick. Dissertation, Dorpat 1867.

mer Athembewegungen, so gab das Kymographion nur diese u
und noch dazu vergrössert und ungenau und die Pulswellen kon-
ten dann sogar ganz fehlen. Das Fick'sche Instrument gab hie-
gegen stets treuere Bilder der Druckschwankungen an.

Dahingegen hatte auch das Federmanometer seine Mängel
Die Dehnbarkeit der Feder nahm ab mit der Zunahme
der Spannung. Als der grösste Mangel aber ist un-
zweifelhaft der zu bezeichnen, dass bei längerer An-
spannung während der Anwendung die Feder an Elasti-
cität verliert. Möglich ist es auch, dass die vom Blute he
dem Instrumente allmählich mitgetheilte Wärme die Schwingungen
alterirt. Schummer sah sich desshalb genöthigt, von Zeit zu Zeit
nach dem Quecksilbermanometer das Instrument aufs Neue zu
graduiren.

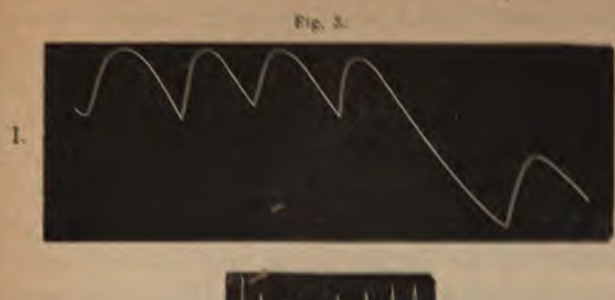
Fick*) hat weiterhin mit seinem neuen Instrumente die Form
der Blutwellen in den Arterien zu bestimmen gesucht.

„Mit Hülfe meines neuen Kymographion" — so schreibt er,
„habe ich die wahre Form der Blutwelle in der Arteria cruralis
des Hundes ermittelt; sie ist folgende: (Siehe Figur 3, 1) Der
Druck steigt sehr rasch bis beinahe zum Maximum, dann lang-
samer; er erreicht das Maximum verhältnissmässig lange, ehe die
Hälfte der Pulsdauer verstrichen ist Er sinkt vom Maximum
herab mit anfangs zunehmender und später constant bleibender
Geschwindigkeit, die sehr bedeutend geringer ist, als die Ge-
schwindigkeit des ersten Ansteigens. Bei langdauernder Pause
(namentlich bei Vagusreizung) wird die Geschwindigkeit der
Druckabnahme allmählich kleiner, so dass der absteigende Theil
der Wellenlinie krumm und zwar convex gegen die Abscissenax
ist. Hat der Druck sein Minimum erreicht, so erfolgt das rapid
Ansteigen in der nachfolgenden Welle ganz plötzlich. Die gan
am Kymographion erscheinende Wellenlinie kehrt also nach unte
scharfe Knicke, nach oben gerundete Kuppen Diese let
teren haben oft sogar ein kleines waagerechtes Stück auf de
höchsten Höhe, d. h. der Druck hält sich auf seinem Maximu
oft eine kleine Zeit merklich constant.

*) Ueber die Form der Blutwelle in den Arterien. Centralblatt für die me
dizinischen Wissenschaften. 1864. No 50. pag. 785. Vorläufige Mittheilung.

Fig. 3.

I.



II.



Beistehende Zeichnung (Figur 3, I.) gibt eine Idee von der Form der Pulswelle. Von den bisherigen graphischen Darstellungen der Pulswelle kommen der meinigen die mit dem Marey'schen Sphygmographen ausgeführten (Fig. 3. II. — Fig. 63 E.) am nächsten, wenn man die Zacken in Abzug bringt, die ganz offenbar von Eigenschwingungen dieses letzteren Instrumentes herrühren."

Wenn wir auf Grund der vorliegenden Prüfungen und der von Seiten anderer Instrumente gewonnenen Thatsachen das Fick'sche Federmanometer einer Beurtheilung unterziehen wollen, so müssen wir folgende zwei Fragen beantworten:

1) Ist das Federmanometer ein genauer und zuverlässiger Druckmesser des Blutes?
2) Bildet dasselbe die Form der Pulswellen genau ab?

In Bezug auf die erste Frage kommen zwei verschiedene Momente in Betracht, nämlich, wie steht es mit der Angabe des mittleren Blutdruckes und ferner wie markirt das Instrument plötzliche grössere und kleinere Druckschwankungen?

Den mittleren Blutdruck vermag das Instrument nicht mit jener Genauigkeit anzugeben, wie das Ludwig'sche Kymographion, weil nämlich, wie die Schummer'sche Experimentalkritik gelehrt hat, das Instrument während längerer Anwendung an Elasticität seiner Feder Einbusse erleidet, und weil die Dehnbarkeit der Hohlfeder mit der Zunahme der Spannung abnimmt? Ich bedauere, dass ich selbst nicht in der Lage gewesen bin, das Fick'sche

mer Athembewegungen, so gab das Kymographion nur diese an und noch dazu vergrössert und ungenau und die Pulswellen konnten dann sogar ganz fehlen. Das Fick'sche Instrument gab hiergegen stets treuere Bilder der Druckschwankungen an.

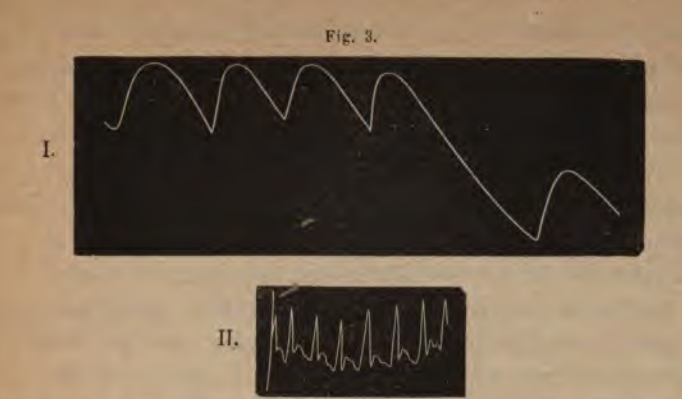
Dahingegen hatte auch das Federmanometer seine Mängel: Die Dehnbarkeit der Feder nahm ab mit der Zunahme der Spannung. Als der grösste Mangel aber ist unzweifelhaft der zu bezeichnen, dass bei längerer Anspannung während der Anwendung die Feder an Elasticität verliert. Möglich ist es auch, dass die vom Blute her dem Instrumente allmählich mitgetheilte Wärme die Schwingungen alterirt. Schummer sah sich desshalb genöthigt, von Zeit zu Zeit nach dem Quecksilbermanometer das Instrument aufs Neue zu graduiren.

Fick*) hat weiterhin mit seinem neuen Instrumente die Form der Blutwellen in den Arterien zu bestimmen gesucht.

„Mit Hülfe meines neuen Kymographion“ — so schreibt er, „habe ich die wahre Form der Blutwelle in der Arteria cruralis des Hundes ermittelt; sie ist folgende: (Siehe Figur 3, I) Der Druck steigt sehr rasch bis beinahe zum Maximum, dann langsamer; er erreicht das Maximum verhältnissmässig lange, ehe die Hälfte der Pulsdauer verstrichen ist Er sinkt vom Maximum herab mit anfangs zunehmender und später constant bleibender Geschwindigkeit, die sehr bedeutend geringer ist, als die Geschwindigkeit des ersten Ansteigens. Bei langdauernder Pause (namentlich bei Vagusreizung) wird die Geschwindigkeit der Druckabnahme allmählich kleiner, so dass der absteigende Theil der Wellenlinie krumm und zwar convex gegen die Abscissenaxe ist. Hat der Druck sein Minimum erreicht, so erfolgt das rapide Ansteigen in der nachfolgenden Welle ganz plötzlich. Die ganze am Kymographion erscheinende Wellenlinie kehrt also nach unten scharfe Knicke, nach oben gerundete Kuppen Diese letzteren haben oft sogar ein kleines waagerechtes Stück auf der höchsten Höhe, d. h. der Druck hält sich auf seinem Maximum oft eine kleine Zeit merklich constant.

*) Ueber die Form der Blutwelle in den Arterien. Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften. 1864. No. 50. pag. 785. Vorläufige Mittheilung.

Fig. 3.



Beistehende Zeichnung (Figur 3, I.) gibt eine Idee von der Form der Pulswelle. Von den bisherigen graphischen Darstellungen der Pulswelle kommen der meinigen die mit dem Marey'schen Sphygmographen ausgeführten (Fig. 3. II. — Fig. 63 E.) am nächsten, wenn man die Zacken in Abzug bringt, die ganz offenbar von Eigenschwingungen dieses letzteren Instrumentes herrühren."

Wenn wir auf Grund der vorliegenden Prüfungen und der von Seiten anderer Instrumente gewonnenen Thatsachen das Fick'sche Federmanometer einer Beurtheilung unterziehen wollen, so müssen wir folgende zwei Fragen beantworten:

1) Ist das Federmanometer ein genauer und zuverlässiger Druckmesser des Blutes?
2) Bildet dasselbe die Form der Pulswellen genau ab?

In Bezug auf die erste Frage kommen zwei verschiedene Momente in Betracht, nämlich, wie steht es mit der Angabe des mittleren Blutdruckes und ferner wie markirt das Instrument plötzliche grössere und kleinere Druckschwankungen?

Den mittleren Blutdruck vermag das Instrument nicht mit jener Genauigkeit anzugeben, wie das Ludwig'sche Kymographion, weil nämlich, wie die Schummer'sche Experimentalkritik gelehrt hat, das Instrument während längerer Anwendung an Elasticität seiner Feder Einbusse erleidet, und weil die Dehnbarkeit der Hohlfeder mit der Zunahme der Spannung abnimmt? Ich bedauere, dass ich selbst nicht in der Lage gewesen bin, das Fick'sche

Instrument hierauf hin zu prüfen und hebe besonders hervor, dass ich mich auf Schummer's Angaben lediglich stützen muss.

Steht das Instrument demnach in der Angabe des mittleren Druckes dem Ludwig'schen Kymographion unbedingt nach, so hat es vor diesem jedoch den Vorzug, dass es plötzliche Druckschwankungen im Arterienrohre weit correkter registrirt, als die schwingende Quecksilbersäule.

Rücksichtlich der zweiten Frage, ob das Fick'sche Instrument im Stande sei, die Form der Pulswellen genau wiederzugeben, müssen wir dieses nach Maassgabe der von Fick selbst mitgetheilten Curve der vorstehenden Figur 3, I. verneinen. Die grosse Verschiedenheit dieser Figur mit den vom Marey'schen Instrumente an der Cruralis des Hundes registrirten (Fig. 3, II. — Fig. 63. E.) die wir als die richtigen betrachten müssen, leuchtet sofort ein.

Das Instrument zeichnet nämlich weder die Rückstosselevation, noch die Elasticitätsschwankungen, auch lässt sich der abgerundeten Spitzen wegen die Pulscelerität schwerlich aus den Curven bestimmen. Ich will noch auf einen Umstand an dieser Stelle aufmerksam machen.

Das Fick'sche Instrument würde überhaupt nur im Stande sein, genaue Pulscurven zu verzeichnen, wenn man es seitlich in der Wand der Arterie befestigte, so dass letztere selbst in ihrem Verlaufe dadurch nicht unterbrochen wurde. Wollte man dasselbe in den Querschnitt einbinden, so würde dadurch schon überhaupt jede Möglichkeit, genaue Pulscurven zu liefern, beseitigt sein. Denn dadurch wird ja die Länge der Schlagader verkürzt. Von der Länge hängt aber durchaus das frühere oder spätere Auftreten der von mir als Rückstosselevation bezeichneten secundären Welle ab. Ich verweise in dieser Beziehung auf die weiter unten mitgetheilten Versuche von elastischen Schläuchen.

Fick selbst hat schon ein Jahr nach der Erfindung seines Instrumentes, in Bezug auf die Zeichnung genauer Pulswellenbilder, die Schwächen des Federmanometers wohl eingesehen und hat sein herbes Urtheil über den Marey'schen Sphygmographen, der „ganz offenbar" Nachschwingungen verzeichnen sollte, mässigen müssen Ich erinnere mich noch der kurzen Discussion im Herbste 1865 auf der Naturforscher-Versammlung in Hannover

im Schoosse der anatomisch-physiologischen Section. v. Wittich nahm damals den Marey'schen Sphygmographen gegen die Anschuldigungen des Nachschwingens, die damals sehr en vogue waren, entschieden in Schutz, da er dessen Zuverlässigkeit, wie ich unten mittheilen werde, durch Muskelzuckungen, die er auf die Druckfeder wirken liess, erprobt hatte. „Es ist daher auch wohl die Annahme gerechtfertigt" — so schloss v. Wittich damals — „dass diese dicrotische Form (des Pulses nämlich) Eigenthümlichkeit des Pulses, nicht des Sphygmographen sind." Fick musste hierin dem Redner Recht geben. Er „bemerkt nach eigenen Versuchen, die auf anderen Principien beruhten (an Cautschuck-Schläuchen war sowohl das neue Federmonometer des Redners, als der Marey'sche Sphygmograph angebracht), dass unter diesen Umständen vollständige Uebereinstimmung erhalten werde. Hiernach ist an der Zuverlässigkeit des Marey'schen Instruments nicht zu zweifeln." *)

Fassen wir hiernach in kurzen Worten unsere Kritik über Fick's Federmanometer zusammen, so lautet sie: Das Instrument ist in der Angabe plötzlicher Druckschwankungen im Arterienrohre zuverlässiger als das Kymographion — in Bezug auf Angabe des mittleren Druckes aber verdient es kein zu grosses Zutrauen, die eigenthümliche Gestalt der Pulswellen endlich vermag es gar nicht zu verzeichnen.

Poiseuille's Kastenpulsmesser.

§. 8.

Um die Volumensschwankungen und Formveränderungen vor Augen zu führen, welche die Arterie während einer vollständigen Pulsphase erleidet, hat Poiseuille eine Vorrichtung angegeben, welche als eine nicht gerade unzweckmässige bezeichnet werden kann. Die blossgelegte Arterie wird nämlich in einem mit Wasser gefüllten länglichen Kästchen von etwa 3 CM. Länge und $1\frac{1}{2}$ CM. Höhe eingeschlossen. Mit dem Innern desselben communicirt eine

*) Amtlicher Bericht über die Naturforscher-Versammlung zu Hannover 1856. pag. 238.

bis zu einem gewissen Grade gefüllte graduirte Manometerröhre, in welcher das Wasser steigt und fällt, je nachdem das Gefäss stärker gefüllt ist, oder weniger Blut enthält.

Das Kästchen besteht nach Art einer Schachtel aus Bodenhälfte und Deckelhälfte. An den beiden gegenüberstehenden schmalen Seiten des Kästchens ist je eine runde Oeffnung angebracht, halb dem Bodenstück, halb dem Deckelstück angehörig. Jedes dieser letzteren hat also an seinen schmalen Seiten einen halbkreisförmigen Ausschnitt, welcher mit dem analogen der anderen Schachtelhälfte den kreisförmigen Ausschnitt zusammensetzt, in welchem die Schlagader zu liegen kommt. Vor dem Versuche werden die Schliessränder des Kästchens gut mit einer halbfesten Fettschmiere bestrichen. Nachdem man nun die Schlagader hinreichend weit blossgelegt hat, wozu sich wegen des Mangels abgehender Seitenäste vornehmlich die Art. carotis communis eignet, wird das Bodenstück des Kästchens so unter das Gefäss gelegt, dass dasselbe mit der Wandung in den halbkreisförmigen Ausschnitten der schmalen Seiten zu liegen kommt. In analoger Weise wird dann der Deckel des Kästchens aufgesetzt. Nun verstreicht man nochmals die Schliessungsränder gut mit der Schmiere und trägt letztere auch namentlich sorgfältig auf um die Arterie, wo diese am Kästchen ein und austritt. Ist dieses geschehen, so füllt Poiseuille das Kästchen von dem wandständigen Seitenröhrchen aus, so hoch, dass letzteres bis in dem unteren Theil der Röhre steht. Da das Wasser offenbar nicht indifferent ist gegen alle histologischen Elemente der Schlagader, und da namentlich die Muskeln, wo derer vorhanden sind, durch dasselbe leiden dürften in ihrer Contractionsthätigkeit, so schlage ich vor, statt des Wassers erwärmtes Blutserum oder gar defibrinirtes arterielles Blut zu nehmen. Die Flüssigkeit steigt in dem Röhrchen offenbar in demselben Maasse, als die Arterie sich systolisch ausdehnt und die Raumvergrösserung des im Kästchen liegenden Arterienstückes gleicht dem Inhalte eines Cylinders, dessen Querschnitt gleich ist dem Querschnitte des Röhrchens, und dessen Höhe gleich ist der beobachteten Elevation der Flüssigkeit in dem Röhrchen. Ist der cubische Inhalt des im Kästchen eingeschlossenen Arterienstückes bekannt, so kann man die Ausdehnung bei

der Systole als einen Bruchtheil desselben darstellen. Der kubische Inhalt des Arterienstückes lässt sich bestimmen, indem man nach dem Versuche dasselbe unterbindet, ausschneidet und nun durch Eintauchen in Oel entweder das Gesammtvolumen der Schlagader bestimmt, oder nur das der eingeschlossenen Blutsäule.

Wegen eines Umstandes, der in der Vorrichtung selbst begründet liegt, werden wir nicht im Stande sein, mittelst dieses Apparats unbedingt genaue Resultate zu erzielen. Die Schlagader liegt nämlich nicht frei, sondern — worauf schon Valentin aufmerksam machte, — unter dem Drucke des im Kästchen enthaltenen Wassers. Dieser Druck wird noch bedeutend gesteigert durch die im Seitenröhrchen anstehende Flüssigkeit, ja dieser Druck wird, wie wir hinzufügen wollen, in jedem Momente der Arterienausdehnung ein variabler sein müssen, da ja die Flüssigkeit in dem Röhrchen in stetem Fallen und Steigen begriffen ist Mir scheint aber noch ein Moment hinzugefügt werden zu müssen. Das Freilegen der Arterie ist offenbar nicht gleichgültig für die Bewegungen der Elemente ihrer Wandung. Es ist eine bekannte Erfahrung, die ich so sehr oft gemacht habe, und die auch gewiss den Chirurgen bekannt ist, dass Schlagadern, sobald sie blossgelegt sind, bedeutend unergiebiger pulsiren, als wenn dieselben noch von den nächstliegenden Theilen umkleidet sind. Es gilt dieses namentlich von Arterien geringeren Calibers, welche muskelreicher sind. Ich schiebe diese Erscheinung auf einen Krampf der glatten Muskelfasern, provocirt durch den Reiz des Zutrittes der Luft zu den Elementen der Arterienwand. Und nun denke man sich die letztere, wie Poiseuille es wollte, noch gar mit Wasser umgeben, welches ausserdem, dass es gewiss reizend wirkt, auch noch durch die Imbibition verändernd auf die Gewebe der Arterienwand und somit auch verändernd auf die Elasticität wirken muss. Ich schlage daher unbedingt zur Füllung erwärmtes Serum oder Blut vor. Ich sage erwärmtes, denn kühl gewordenes wirkt schon an und für sich contrahirend auf muskelhaltige Gefässhäute. Endlich wird die Genauigkeit des Resultates noch dadurch beeinträchtigt, dass in Folge des Fixirens der Arterie in der Ein- und Austrittsöffnung des Kästchens durch

bis zu einem gewissen Grade gefüllte graduirte Manometerröhre, in welcher das Wasser steigt und fällt, je nachdem das Gefäss stärker gefüllt ist, oder weniger Blut enthält.

Das Kästchen besteht nach Art einer Schachtel aus Bodenhälfte und Deckelhälfte. An den beiden gegenüberstehenden schmalen Seiten des Kästchens ist je eine runde Oeffnung angebracht, halb dem Bodenstück, halb dem Deckelstück angehörig. Jedes dieser letzteren hat also an seinen schmalen Seiten einen halbkreisförmigen Ausschnitt, welcher mit dem analogen der anderen Schachtelhälfte den kreisförmigen Ausschnitt zusammensetzt, in welchem die Schlagader zu liegen kommt. Vor dem Versuche werden die Schliessränder des Kästchens gut mit einer halbfesten Fettschmiere bestrichen. Nachdem man nun die Schlagader hinreichend weit blossgelegt hat, wozu sich wegen des Mangels abgehender Seitenäste vornehmlich die Art. carotis communis eignet, wird das Bodenstück des Kästchens so unter das Gefäss gelegt, dass dasselbe mit der Wandung in den halbkreisförmigen Ausschnitten der schmalen Seiten zu liegen kommt. In analoger Weise wird dann der Deckel des Kästchens aufgesetzt. Nun verstreicht man nochmals die Schliessungsränder gut mit der Schmiere und trägt letztere auch namentlich sorgfältig auf um die Arterie, wo diese am Kästchen ein und austritt. Ist dieses geschehen, so füllt Poiseuille das Kästchen von dem wandständigen Seitenröhrchen aus, so hoch, dass letzteres bis in dem unteren Theil der Röhre steht. Da das Wasser offenbar nicht indifferent ist gegen alle histologischen Elemente der Schlagader, und da namentlich die Muskeln, wo derer vorhanden sind, durch dasselbe leiden dürften in ihrer Contractionsthätigkeit, so schlage ich vor, statt des Wassers erwärmtes Blutserum oder gar defibrinirtes arterielles Blut zu nehmen. Die Flüssigkeit steigt in dem Röhrchen offenbar in demselben Maasse, als die Arterie sich systolisch ausdehnt und die Raumvergrösserung des im Kästchen liegenden Arterienstückes gleicht dem Inhalte eines Cylinders, dessen Querschnitt gleich ist dem Querschnitte des Röhrchens, und dessen Höhe gleich ist der beobachteten Elevation der Flüssigkeit in dem Röhrchen. Ist der cubische Inhalt des im Kästchen eingeschlossenen Arterienstückes bekannt, so kann man die Ausdehnung bei

variationen im Arterienrohre wird das Instrument zum Theil erkennen lassen.

Den beschriebenen Instrumenten stehen diejenigen gegenüber, welche bei völlig intactem Körper anwendbar sind, und über die Bewegung der Pulswellen in den Schlagadern Auskunft zu geben im Stande sind. Es sind die Sphygmographen, Sphygmometer, Sphygmoscope, von denen die wichtigsten besprochen werden sollen.

1. Hérisson's Röhren-Sphygmometer.

§. 9.

Hérisson*) benutzte zu seinen sphygmometrischen Untersuchungen eine Glasröhre, deren unteres Ende mit einer elastischen Membran verschlossen und welche im Innern bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber angefüllt war. Das mit der Membran verschlossene Ende wurde auf die Haut gesetzt an solchen Körperstellen, an denen die Schlagadern hinreichend oberflächlich liegen, und das Steigen des Quecksilbers bei jedem Pulsschlage galt als Maass für die Stärke des Pulses. Wenngleich auch Hérisson's Apparat von verschiedenen Seiten eine höchst ungünstige Beurtheilung erfahren hat, so haben doch manche anderen Forscher im Princip ganz ähnliche Apparate nach ihm angegeben. Zu diesen gehört:

2. Chelius' „Pulsmesser".

§. 10.

Der von Chelius in Holzappel**) construirte Apparat ist dem vorhergehenden äusserst ähnlich: die benutzte Glasröhre ist 10 Centimeter lang und misst 1 Millimeter im Lichten, dieselbe besitzt aber abweichend von Hérisson's Instrument am unteren

*) cfr. Piorry, Traité de diagnostic et de sémiologie. Paris 1837. p. 238.
**) Prager Vierteljahrsschrift 1850. 21. Bd. pag. 100

bis zu einem gewissen Grade gefüllte graduirte Manometerröhre, in welcher das Wasser steigt und fällt, je nachdem das Gefäss stärker gefüllt ist, oder weniger Blut enthält.

Das Kästchen besteht nach Art einer Schachtel aus Bodenhälfte und Deckelhälfte. An den beiden gegenüberstehenden schmalen Seiten des Kästchens ist je eine runde Oeffnung angebracht, halb dem Bodenstück, halb dem Deckelstück angehörig. Jedes dieser letzteren hat also an seinen schmalen Seiten einen halbkreisförmigen Ausschnitt, welcher mit dem analogen der anderen Schachtelhälfte den kreisförmigen Ausschnitt zusammensetzt, in welchem die Schlagader zu liegen kommt. Vor dem Versuche werden die Schliessränder des Kästchens gut mit einer halbfesten Fettschmiere bestrichen. Nachdem man nun die Schlagader hinreichend weit blossgelegt hat, wozu sich wegen des Mangels abgehender Seitenäste vornehmlich die Art. carotis communis eignet, wird das Bodenstück des Kästchens so unter das Gefäss gelegt, dass dasselbe mit der Wandung in den halbkreisförmigen Ausschnitten der schmalen Seiten zu liegen kommt. In analoger Weise wird dann der Deckel des Kästchens aufgesetzt. Nun verstreicht man nochmals die Schliessungsränder gut mit der Schmiere und trägt letztere auch namentlich sorgfältig auf um die Arterie, wo diese am Kästchen ein und austritt. Ist dieses geschehen, so füllt Poiseuille das Kästchen von dem wandständigen Seitenröhrchen aus, so hoch, dass letzteres bis in dem unteren Theil der Röhre steht. Da das Wasser offenbar nicht indifferent ist gegen alle histologischen Elemente der Schlagader, und da namentlich die Muskeln, wo derer vorhanden sind, durch dasselbe leiden dürften in ihrer Contractionsthätigkeit, so schlage ich vor, statt des Wassers erwärmtes Blutserum oder gar defibrinirtes arterielles Blut zu nehmen. Die Flüssigkeit steigt in dem Röhrchen offenbar in demselben Maasse, als die Arterie sich systolisch ausdehnt und die Raumvergrösserung des im Kästchen liegenden Arterienstückes gleicht dem Inhalte eines Cylinders, dessen Querschnitt gleich ist dem Querschnitte des Röhrchens, und dessen Höhe gleich ist der beobachteten Elevation der Flüssigkeit in dem Röhrchen. Ist der cubische Inhalt des im Kästchen eingeschlossenen Arterienstückes bekannt, so kann man die Ausdehnung bei

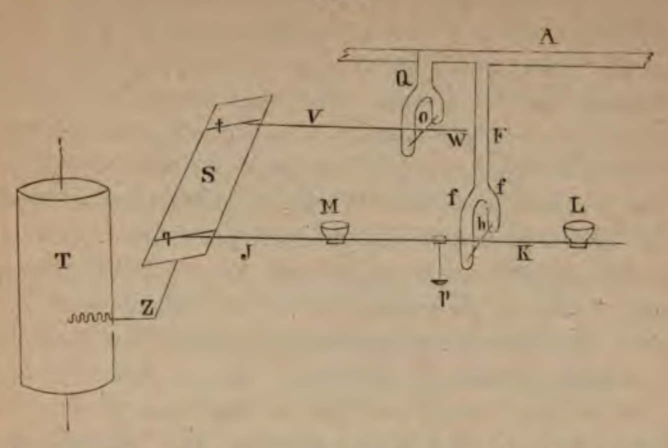
der Systole als einen Bruchtheil desselben darstellen. Der kubische Inhalt des Arterienstückes lässt sich bestimmen, indem man nach dem Versuche dasselbe unterbindet, ausschneidet und nun durch Eintauchen in Oel entweder das Gesammtvolumen der Schlagader bestimmt, oder nur das der eingeschlossenen Blutsäule.

Wegen eines Umstandes, der in der Vorrichtung selbst begründet liegt, werden wir nicht im Stande sein, mittelst dieses Apparats unbedingt genaue Resultate zu erzielen. Die Schlagader liegt nämlich nicht frei, sondern — worauf schon Valentin aufmerksam machte, — unter dem Drucke des im Kästchen enthaltenen Wassers. Dieser Druck wird noch bedeutend gesteigert durch die im Seitenröhrchen anstehende Flüssigkeit, ja dieser Druck wird, wie wir hinzufügen wollen, in jedem Momente der Arterienausdehnung ein variabler sein müssen, da ja die Flüssigkeit in dem Röhrchen in stetem Fallen und Steigen begriffen ist Mir scheint aber noch ein Moment hinzugefügt werden zu müssen. Das Freilegen der Arterie ist offenbar nicht gleichgültig für die Bewegungen der Elemente ihrer Wandung. Es ist eine bekannte Erfahrung, die ich so sehr oft gemacht habe, und die auch gewiss den Chirurgen bekannt ist, dass Schlagadern, sobald sie blossgelegt sind, bedeutend unergiebiger pulsiren, als wenn dieselben noch von den nächstliegenden Theilen umkleidet sind. Es gilt dieses namentlich von Arterien geringeren Calibers, welche muskelreicher sind. Ich schiebe diese Erscheinung auf einen Krampf der glatten Muskelfasern, provocirt durch den Reiz des Zutrittes der Luft zu den Elementen der Arterienwand. Und nun denke man sich die letztere, wie Poiseuille es wollte, noch gar mit Wasser umgeben, welches ausserdem, dass es gewiss reizend wirkt, auch noch durch die Imbibition verändernd auf die Gewebe der Arterienwand und somit auch verändernd auf die Elasticität wirken muss. Ich schlage daher unbedingt zur Füllung erwärmtes Serum oder Blut vor. Ich sage erwärmtes, denn kühl gewordenes wirkt schon an und für sich contrahirend auf muskelhaltige Gefässhäute. Endlich wird die Genauigkeit des Resultates noch dadurch beeinträchtigt, dass in Folge des Fixirens der Arterie in der Ein- und Austrittsöffnung des Kästchens durch

bis zu einem gewissen Grade gefüllte graduirte Manometerröhre, in welcher das Wasser steigt und fällt, je nachdem das Gefäss stärker gefüllt ist, oder weniger Blut enthält.

Das Kästchen besteht nach Art einer Schachtel aus Bodenhälfte und Deckelhälfte. An den beiden gegenüberstehenden schmalen Seiten des Kästchens ist je eine runde Oeffnung angebracht, halb dem Bodenstück, halb dem Deckelstück angehörig. Jedes dieser letzteren hat also an seinen schmalen Seiten einen halbkreisförmigen Ausschnitt, welcher mit dem analogen der anderen Schachtelhälfte den kreisförmigen Ausschnitt zusammensetzt, in welchem die Schlagader zu liegen kommt. Vor dem Versuche werden die Schliessränder des Kästchens gut mit einer halbfesten Fettschmiere bestrichen. Nachdem man nun die Schlagader hinreichend weit blossgelegt hat, wozu sich wegen des Mangels abgehender Seitenäste vornehmlich die Art. carotis communis eignet, wird das Bodenstück des Kästchens so unter das Gefäss gelegt, dass dasselbe mit der Wandung in den halbkreisförmigen Ausschnitten der schmalen Seiten zu liegen kommt. In analoger Weise wird dann der Deckel des Kästchens aufgesetzt. Nun verstreicht man nochmals die Schliessungsränder gut mit der Schmiere und trägt letztere auch namentlich sorgfältig auf um die Arterie, wo diese am Kästchen ein und austritt. Ist dieses geschehen, so füllt Poiseuille das Kästchen von dem wandständigen Seitenröhrchen aus, so hoch, dass letzteres bis in dem unteren Theil der Röhre steht. Da das Wasser offenbar nicht indifferent ist gegen alle histologischen Elemente der Schlagader, und da namentlich die Muskeln, wo derer vorhanden sind, durch dasselbe leiden dürften in ihrer Contractionsthätigkeit, so schlage ich vor, statt des Wassers erwärmtes Blutserum oder gar defibrinirtes arterielles Blut zu nehmen. Die Flüssigkeit steigt in dem Röhrchen offenbar in demselben Maasse, als die Arterie sich systolisch ausdehnt und die Raumvergrösserung des im Kästchen liegenden Arterienstückes gleicht dem Inhalte eines Cylinders, dessen Querschnitt gleich ist dem Querschnitte des Röhrchens, und dessen Höhe gleich ist der beobachteten Elevation der Flüssigkeit in dem Röhrchen. Ist der cubische Inhalt des im Kästchen eingeschlossenen Arterienstückes bekannt, so kann man die Ausdehnung bei

Fig. 5.



Vierordt's Sphygmograph hat zunächst als Träger eine waagerechte Stange *A* von Eisen, welche an ihren beiden Enden durch eiserne Schenkel gestützt wird, wodurch dieser Tragapparat die Gestalt eines sogenannten „Bockes" gewinnt. Etwa in der Mitte der Stange *A* ragt senkrecht nach abwärts ein Träger *F*, welcher sich unten in 2 Schenkel *ff* theilt, zwischen denen um die Axe *h* im Charniergelenke der Pulshebel *JK* beweglich angebracht ist. Der vordere längere Hebelarm *J* des Pulshebels ist mit einer Millimeterscala versehen. Auf dem hinteren kürzeren Arme *K* sitzt eine mittels einer Hülse verschiebbare kleine Waagschaale *L*. Eine ähnliche *M*, zugleich abnehmbare, befindet sich auf dem langen Hebelarme. Auf dem langen Hebelarme ist ferner in der Nähe des Drehpunktes eine kleine verschiebbare Hülse angebracht, welche ein nach abwärts gerichtetes gestieltes pilzförmiges Knöpfchen trägt *p*, welches als Applikationspunkt auf die Arterie dienen soll. Das vordere Ende des Hebelarmes *J* wird von der Axe *q* durchbohrt, deren zwei spitzige Enden in die konischen Vertiefungen zweier verstellbarer Schrauben im Charniergelenk beweglich eingefügt sind. Diese Schrauben durchbohren das untere Ende der zwei langen Schenkel des viereckigen Rähmchens *S* (Watt'sches Parallelogramm) und letztere werden ebenfalls in ihrem oberen Theile von einer ganz gleichbeweglichen zweiten Axe *t* durchbohrt Letztere geht quer durch das vordere

bis zu einem gewissen Grade gefüllte graduirte Manometerröhre, in welcher das Wasser steigt und fällt, je nachdem das Gefäss stärker gefüllt ist, oder weniger Blut enthält.

Das Kästchen besteht nach Art einer Schachtel aus Bodenhälfte und Deckelhälfte. An den beiden gegenüberstehenden schmalen Seiten des Kästchens ist je eine runde Oeffnung angebracht, halb dem Bodenstück, halb dem Deckelstück angehörig. Jedes dieser letzteren hat also an seinen schmalen Seiten einen halbkreisförmigen Ausschnitt, welcher mit dem analogen der anderen Schachtelhälfte den kreisförmigen Ausschnitt zusammensetzt, in welchem die Schlagader zu liegen kommt. Vor dem Versuche werden die Schliessränder des Kästchens gut mit einer halbfesten Fettschmiere bestrichen. Nachdem man nun die Schlagader hinreichend weit blossgelegt hat, wozu sich wegen des Mangels abgehender Seitenäste vornehmlich die Art. carotis communis eignet, wird das Bodenstück des Kästchens so unter das Gefäss gelegt, dass dasselbe mit der Wandung in den halbkreisförmigen Ausschnitten der schmalen Seiten zu liegen kommt. In analoger Weise wird dann der Deckel des Kästchens aufgesetzt. Nun verstreicht man nochmals die Schliessungsränder gut mit der Schmiere und trägt letztere auch namentlich sorgfältig auf um die Arterie, wo diese am Kästchen ein und austritt. Ist dieses geschehen, so füllt Poiseuille das Kästchen von dem wandständigen Seitenröhrchen aus, so hoch, dass letzteres bis in dem unteren Theil der Röhre steht. Da das Wasser offenbar nicht indifferent ist gegen alle histologischen Elemente der Schlagader, und da namentlich die Muskeln, wo derer vorhanden sind, durch dasselbe leiden dürften in ihrer Contractionsthätigkeit, so schlage ich vor, statt des Wassers erwärmtes Blutserum oder gar defibrinirtes arterielles Blut zu nehmen. Die Flüssigkeit steigt in dem Röhrchen offenbar in demselben Maasse, als die Arterie sich systolisch ausdehnt und die Raumvergrösserung des im Kästchen liegenden Arterienstückes gleicht dem Inhalte eines Cylinders, dessen Querschnitt gleich ist dem Querschnitte des Röhrchens, und dessen Höhe gleich ist der beobachteten Elevation der Flüssigkeit in dem Röhrchen. Ist der cubische Inhalt des im Kästchen eingeschlossenen Arterienstückes bekannt, so kann man die Ausdehnung bei

deprimirt, bis das Plättchen die Arterie erreicht und die obere Wand derselben leicht niederpresst. Durch Einlegen von Gewichtsstücken in die Waagschaale hat man das Maass des anzuwendenden Druckes vollkommen in seiner Hand; durch Uebung lernt man bald das richtige Maass hierin erkennen.

Es ist von manchen späteren Forschern dem Vierordt'schen Instrumente der Vorwurf gemacht worden, dasselbe sei zu schwerfällig*) und sei daher nicht im Stande, den Bewegungen der Arterienwand hinreichend schnell zu folgen; Andere sagten, Vierordt habe die Arterien zu stark belastet und dadurch falsche Pulsbilder erhalten**). Beides ist unrichtig. Das **Vierordt**'sche Instrument ist zur Darstellung der wirklichen Pulsbewegung durchaus geeignet (siehe Fig. 11, 12, 13 des Vierordt'schen Werkes pag. 33), allein das Instrument ist von vornherein in Misskredit gerathen, weil sein Verfasser bei Darstellung seiner Pulsbilder den Apparat viel zu gering (!) belastete und hierdurch consequent Trugbilder verzeichnete. Vierordt hat überall nur die Spitzen der primären Elevation des Pulses aufgeschrieben. Belastete Vierordt den Apparat stärker, so bekam er normale getreue Bilder, die er freilich stets für inkorrecte gehalten hat und den so verzeichneten Pulscurven den Beinamen der Pseudodicroten beilegte. Also nicht das Instrument an und für sich ist unbrauchbar, sondern nur die Anwendung, welche der eigene Erfinder von demselben gemacht hat, ist eine consequent verfehlte und unrichtige gewesen. Wenngleich sich die hierdurch bedingte fehlerhafte Deutung der Pulsbilder durch das ganze Werk wie ein rother Faden hindurchzieht, so ist doch trotz dieses Irrthums Vierordt's Verdienst um die Erforschung der Pulsbewegungen nicht gering anzuschlagen. Immerhin verdient Vierordt's Arbeit als eine eminente Leistung auf diesem Gebiete der Physiologie angesehen zu werden: es ist die erste gründliche, harmonisch in sich abgeschlossene, mit grossem Fleisse ausgearbeitete, Darstellung von der Lehre vom Arterienpulse in gesunden und kran-

*) Fick, Medizinische Physik. pag. 475.

**) Marey, Physiologie médicale de la circulation du sang. pag 177. — O. Naumann, Archiv der Heilkunde 1864 pag. 416.

ken Zuständen; von diesem Werke datirt eine neue Epoche in der wissenschaftlichen Bearbeitung dieses so schwierigen und eben desshalb gerade mit so sehr verschiedenen Resultaten der Forschung ausgestatteten Gebietes.

Vierordt*) hat später wiederholt für seine Pulsbilder als die richtige Wiedergabe der Bewegung der Arterienwand gestritten, allein ohne allen Erfolg.

A. Berti**) verfertigte einen Pulsmesser, der im Princip übereinstimmt mit dem Vierordt'schen Sphygmographen, indem auch er den Hebel acceptirt. Das Instrument ist jedoch für den Arzt bestimmt, daher klein und bequem zu appliciren. Um den Arm herum wird ein Armband von Gummi oder besser von nicht dehnbarer Seide gelegt, welches das Instrument befestigt. Das Instrument ist nur für die Art. radialis eingerichtet. Dasselbe ragt mit einem kleinen Schildchen auf der inneren Fläche des Bandes hervor; das Schildchen ist dazu bestimmt, die Pulse der Arterie, auf die es aufgesetzt wird, aufzunehmen und dieselben mittelst eingeschalteter Hebel auf einen kleinen Zeiger zu übertragen, der auf einer getheilten Scheibe oscillirt. Die Stärke des Pulses kann gemessen werden an der Einstellung einer graduirten Hemmung für die oscillatorische Bewegung des Schildchens.

O. Naumann's Hämodynamometer.

§. 13.

Das von O. Naumann***) construirte Hämodynamometer ist offenbar hervorgegangen aus dem Chelius'schen Pulsmesser, der ja auch in seiner unveränderten Form von ihm angewandt worden ist.

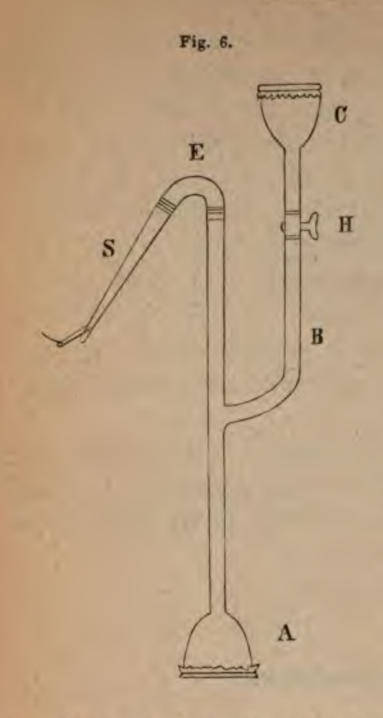
---

*) Die Pulscurven des Hämadynamometers und des Sphygmographen, Archiv für phys. Heilkunde. 1857. Neue Folge. I. pag. 552. — Archiv der Heilkunde. 1863. IV. pag. 513.

**) Gazz. lombarda 1857. No. 18. — Schmidt's Jahrbücher. Bd. 100. pag. 85.

***) Beiträge zur Lehre vom Puls Zeitschrift für rationelle Medizin. Bd. XVIII. 1863. — Zur Lehre vom Puls. Archiv der Heilkunde 1864. pag. 403.

Fig. 6.



Der Apparat besteht aus einer an ihrem einen Ende *A* oval trichterförmig erweiterten und mit elastischer Membran zugebundenen Röhre. Mit dem anderen Ende ist ein Stäbchen *S* vermittelst eines kurzen Stückes elastischer Röhre *E* in Verbindung gesetzt. Von dem mittleren Theil der Glasröhre geht rechtwinkelig eine aufwärts gebogene communicirende Glasröhre *B* ab, welche an ihrem oberen Ende trichterförmig erweitert ist, *C*, und hier gleichfalls mit einer Membran verbunden ist, in ihrem mittleren Theil jedoch einen einfachen Sperrhahn *H* eingeschaltet enthält. Um mit dem Instrumente zu arbeiten, ist es nothwendig, den Innenraum ganz und gar mit Wasser zu füllen, so sehr, bis das Stäbchen eine Richtung hat von etwa einem halben rechten Winkel zur horizontalen. Wird nun der Hahn abgesperrt und auf die Membran des unteren Trichterendes ein Druck ausgeübt, so wird das Stäbchen gehoben, gleichsam erigirt und es fällt wieder bei nachlassendem Drucke. Das Stäbchen trägt in seiner Verlängerung den Zeichenhebel, ausserdem kann es durch angehängte Gewichte beliebig belastet werden. Der seitlich communicirende Trichter hat lediglich die Bedeutung eines Wasserreservoirs und eines Regulators für die Stellung des Stäbchens.

Der Apparat wird nun in der Weise angewandt, dass, nachdem derselbe mit Wasser gefüllt ist, die untere ovale Trichtererweiterung mit ihrer Membran gegen die Pulsader angedrückt wird. Der Apparat ist zunächst nur für die Art. radialis bestimmt und es wird der Arm auf einem besonderen Armbrette fixirt. Um nun dem Stäbchen die richtige primäre Stellung zu geben, wird zunächst der Sperrhahn geöffnet, sodann auf die obere

verwendet, um Bestimmungen über die Geschwindigkeit der Blutbewegung in der oberen Extremität zu machen. In der U-förmigen Manometerröhre war ein Schwimmer angebracht, der die Bewegungen auf die Kymographium-Trommel übertrug.

Wir wollen hier bemerken, dass die so vom Arme erhaltenen Curven den vom Sphygmographen verzeichneten ähnlich waren und deutliche Dikrotie zeigten. Wurde der Vorderarm oder nur die Hand allein in den Apparat gebracht, so zeigten die Curven Trikrotismus an; die relative Höhe der dritten Erhebung war in der von der Hand allein gewonnenen Curve am grössten.

4. Vierordt's Sphygmograph

§. 12.

Vierordt verliess zuerst das Princip der schwingenden Flüssigkeitssäulen und wandte sich behufs Construction seines Sphygmographen dem Hebel zu.*) In der einfachsten Form benutzte er zunächst versuchsweise einen Strohhalm. „Lege ich," so führt er aus, „einen steifen Strohhalm etwa von $^1/_2$ Fuss Länge so auf den Vorderarm, dass das Ende des Halmes etwa 2 – 3 Linien von der Radialis nach innen mässig stark mittelst eines Fingers gegen die Haut gedrückt wird, so zeigt der als Fühlhebel wirkende und die Arterie schwach comprimirende Strohhalm die Pulsbewegung ganz leidlich an. Ich habe selbst einmal diese Bewegungen auf das Kymographium graphisch verzeichnen lassen. Vielleicht ist diese kunktlose Technik doch zu etwas mehr verwendbar, als zur blossen Spielerei, indem sie bei der ärztlichen Pulsuntersuchung als eine Art Surrogat des Sphygmographen dienen könnte. Der Strohhalm nämlich ist das einfachste Schema meines Sphygmographen." **)

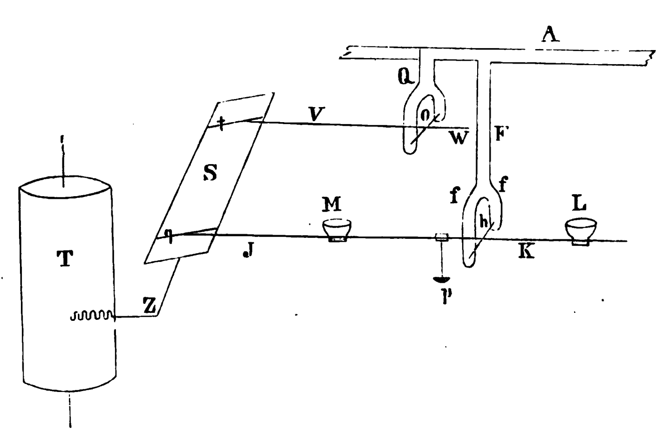
Schon früher hatte King 1837***) die Schwankungen in der Blutfülle der Venen durch einen quer übergelegten Glas- oder Lackfaden in ähnlicher Weise verzeichnen lassen.

*) Die Lehre vom Arterienpuls in gesunden und kranken Zuständen Braunschweig 1855. — Siehe auch: Archiv für physiologische Heilkunde 1854. p 284.

**) L. c. pag 21.

***) Guy, Hosp. rep. T. 2. pag. 107.

Fig. 5.



Vierordt's Sphygmograph hat zunächst als Träger eine waagerechte Stange *A* von Eisen, welche an ihren beiden Enden durch eiserne Schenkel gestützt wird, wodurch dieser Tragapparat die Gestalt eines sogenannten „Bockes“ gewinnt. Etwa in der Mitte der Stange *A* ragt senkrecht nach abwärts ein Träger *F*, welcher sich unten in 2 Schenkel *ff* theilt, zwischen denen um die Axe *h* im Charniergelenke der Pulshebel *JK* beweglich angebracht ist. Der vordere längere Hebelarm *J* des Pulshebels ist mit einer Millimeterscala versehen. Auf dem hinteren kürzeren Arme *K* sitzt eine mittels einer Hülse verschiebbare kleine Waagschaale *L*. Eine ähnliche *M*, zugleich abnehmbare, befindet sich auf dem langen Hebelarme. Auf dem langen Hebelarme ist ferner in der Nähe des Drehpunktes eine kleine verschiebbare Hülse angebracht, welche ein nach abwärts gerichtetes gestieltes pilzförmiges Knöpfchen trägt *p*, welches als Applikationspunkt auf die Arterie dienen soll. Das vordere Ende des Hebelarmes *J* wird von der Axe *q* durchbohrt, deren zwei spitzige Enden in die konischen Vertiefungen zweier verstellbarer Schrauben im Charniergelenk beweglich eingefügt sind. Diese Schrauben durchbohren das untere Ende der zwei langen Schenkel des viereckigen Rähmchens *S* (Watt'sches Parallelogramm) und letztere werden ebenfalls in ihrem oberen Theile von einer ganz gleichbeweglichen zweiten Axe *t* durchbohrt Letztere geht quer durch das vordere

Trichtermembran so stark gedrückt, bis die beschriebene Stellung erreicht ist; sodann wird der Sperrhahn so gestellt, dass er den oberen Trichter abschliesst. Es ist nun einleuchtend, dass die Pulsbewegung sich auf den Zeichenhebel übertragen muss. Naumann steckt als Zeichenvorrichtung an die Spitze des Hebels ein mit Tinte getränktes Holundermarkstiftchen. Ein besonderes Uhrwerk führt den Papierstreifen an dem Schreibhebel vorbei, der, wie leicht ersichtlich ist, unter Bogenführung die Curven zeichnet.

Naumann hat dem Apparate noch eine zweite, etwas abweichende Gestalt gegeben, ohne dass derselbe indess hierdurch in einem Punkte irgendwelche wesentliche Veränderung erlitten hätte.

Ich habe den Apparat unter Naumann's Händen auf der Stettiner Naturforscher-Versammlung selbst arbeiten sehen; die von demselben gezeichneten Curven müssen im Allgemeinen als gelungene bezeichnet werden.

Marey's Sphygmograph.

§. 14.

Ein besonderer Abschnitt in der Erforschung der pulsatorischen Bewegungen beginnt mit Marey. Dieser Forscher construirte einen neuen Sphygmographe à pression élastique, der auf einer Combination des Hebels mit elastischen Federn beruht.

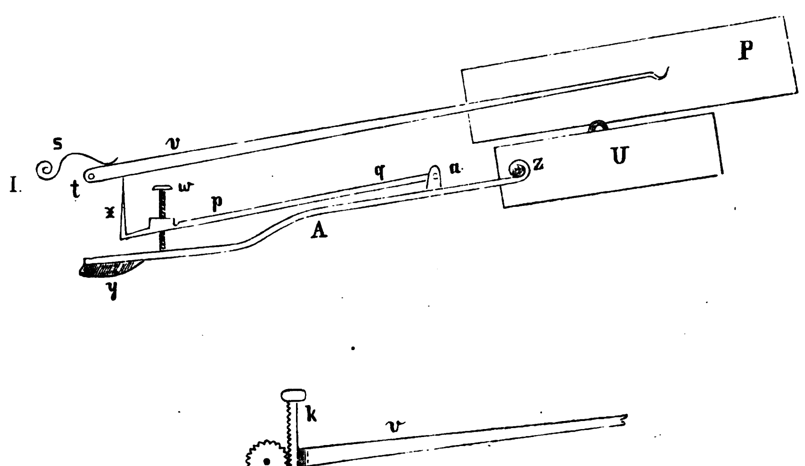
Marey hat nicht nur selbst mittelst dieses Apparates eine grosse Reihe von Versuchen angestellt, deren Hauptergebnisse in seinem Werke: Physiologie médicale de la circulation du sang. Paris 1863. (568 Seiten mit 235 Figuren) niedergelegt sind, sondern es haben auch viele andere Forscher verschiedener Nationalität mit diesem Instrumente die Pulsbewegungen registrirt. Marey's frühere und spätere Arbeiten über diesen Gegenstand sind zahlreich und vielfältig zerstreut in französischen Journalen zu finden*)

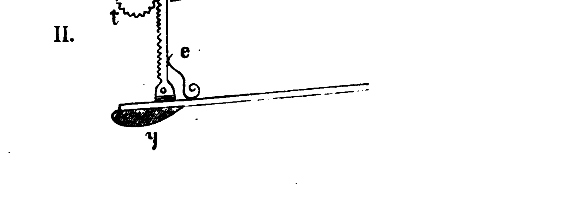
---

*) J Marey, Recherches sur la circulation du sang. Compt. rend. 1856. Mars et Avril Gazette médicale 1857. No. 12. — Recherches hydrauliques sur



Fig. 7.





Das Marey'sche Instrument (Figur 7. I.) besteht zunächst aus einer Feder *A*, welche, an ihrem einen Ende festgeschraubt, *z*, an ihrem anderen Ende hingegen frei und mit einer abgerun-

---

la circulation du sang. Annales des sciences naturelles 4. Sér. Zool. VIII. 1857. p. 329. — Recherches sur la circulation sanguine. Gazette médicale de Paris 1858. No. 27; — Comptes rendus 1858. I p. 483. — Mémoire sur la contractilité vasculaire. Annales des sciences naturelles, 4. Sér. IX. p. 53. — Gazette médicale de Paris 1858. No. 40. — Comptes rendus 1858 I. p 680. — Interprétation hydraulique du pouls dicrote. Comptes rendus 22. Nov. 1858. II. p. 826. — Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil enregistreur le sphygmographe. Paris 1860. 8. — Compt. rend Tom 50, p. 634—637. — Des causes d'erreur dans l'emploi des instruments pour mesurer la pression sanguine et des moyens de les éviter. Gazette médicale de Paris 1859. No. 30. — Du pouls et des bruits vasculaires. Journal de la physiologie. II. p. 259 bis 280 und 420—447. — Recherches sur l'état de la circulation d'après les charactères du pouls fournis par un nouveau sphygmographe. Journal de la physiologie. Tom III. 1860. p 241—274. — Gazette médicale de Paris 1860. No. 15., 16., 19. — L'institut. Mars 1860. — Gazette hébdom. No. 25. 1860. — Reche.ches nouvelles sur le pouls. Paris 1860. 8. — Recherches sur la

deten Pelotte y versehen ist, bestimmt mit der Kraft der Feder gegen die Arteria radialis anzudrücken. Auf der oberen Seite der Pelotte befindet sich ein nach Oben gerichtetes schneidendes Messingplättchen x, welches durch eine Schraube w höher und niedriger gestellt werden kann. Das Plättchen ist das aufwärts gerichtete Ende eines Messingbälkchens $p\,q$, welches durch ein Charnier a mit der Feder in Verbindung steht. Die Schneide des Plättchens stösst gegen den einarmigen Hebel v und zwar dicht an dessen Hypomochlion t, welches durch ein zwischen Spitzen laufendes Charniergelenk gebildet wird. Der Hebel selbst besteht aus leichtem Holze mit Metallspitze. Durch die Expansion der Arterie wird zunächst die Federpelotte gehoben und die auf ihr ruhende Messingschneide, diese stösst unter den Hebel und da der Angriffspunkt gegen letzteren nahe an dem Drehpunkte liegt, so wird das freie Hebelende die mitgetheilte Bewegung bedeutend vergrössern. Damit nun aber der Hebel nicht durch den mitgetheilten Pulsstoss übermässig emporgeschleudert werde, fasst eine zweite schwache Feder s von Oben her über das hintere Ende des Hebels und drückt fortdauernd in allen Lagen den Hebel gegen die Messingschneide. Gegenüber der zum Zeichnen bestimmten freien Hebelspitze ist ein Uhrwerk U angebracht, welches an der in Bewegung befindlichen Hebelspitze ein berusstes Täfelchen P mit gleichmässiger Geschwindigkeit vorbeiführt, auf welchem die Pulsbewegung in den Russ eingekratzt wird.

Das Marey'sche Instrument hat eine grosse Verbreitung gefunden und ist von vielen Aerzten zur Untersuchung der Pulse

---

circulation du sang à l'état physiol. et dans les maladies. Thése Paris 1859. 4. — Recherches sur le pouls dicrote. Gazette médicale de Paris 1859. No 6. — Loi, qui préside à la frequence des battements du coeur. Comptes rendus 1861. II. p. 95 — Variations physiologiques du pouls étudiées à l'aide du sphygmographe Gazette médicale 1861 No. 7. p. 120. — Archives générales de Médecine. Févr. 1861. — Note sur la forme graphique des battements du coeur chez l'homme et chez differents animales. Comptes rendus 1865. II. p 778. — Études physiologiques sur les caractères du battement du coeur et les conditions qui le modifient. Journal de l'anatomie et de la physiologie 1865. p. 276., 416. — Nature de la systole des ventricules du coeur considérée comme acte musculaire Comptes rendus 1866. II. p. 41 — Du mouvement dans les fonctions de la vie. Leçons. Paris 1868.

angewandt worden. Es ist zunächst nur für die Arteria radialis vom Verfasser bestimmt worden und besitzt für diese Stelle besondere Seitenschienen und ein Band, mittelst deren es am Vorderarm befestigt werden kann. Allein es lässt sich auch für viele andere Arterien benutzen; die Applikationsweise ist einfach und leicht auszuführen. Verwendet man es an anderen Stellen als am Vorderarm, so kann man füglich die Seitenschienen nebst Band abnehmen.

---

§. 15.

Bei der beschriebenen Einrichtung des Marey'schen Sphygmographen kann es immerhin noch wohl vorkommen, dass bei einer sehr stürmischen Bewegung, welche die Pelotte y trifft, der Hebel v sehr lebhaft gehoben werde und vermöge des Trägheitsmomentes höher emporschwinge, als zulässig ist. Daher hat Mach*) zwei verschiedene Verbesserungen an dem Instrumente angebracht, welche ein solches Wegschnellen des Hebels verhüten sollen.

Die eine besteht darin, dass eine Feder von Oben her das Bälkchen $p\,q$ gegen die Feder A angedrückt erhält, und dass die Scheide x mit dem Hebel v direct durch ein Charniergelenk verbunden wird. Auf diese Weise ist das Bälkchen $p\,q$ stets mit A in Berührung und der Fühlhebel v demgemäss ebenso. Die Feder s fällt bei dieser Modifikation weg.

Noch einfacher erreicht Mach seinen Zweck durch die von ihm angegebene zweite Modifikation. Das Messingbälkchen $p\,q$, die Schneide x und die Schraube w werden ganz entfernt. Zwischen der oberen Fläche der Pelotte y und der unteren Fläche des Hebels v, dort, wo sonst die Schneide anstiess, wird ein senkrechtes Messingstäbchen von entsprechender Länge eingeschaltet und sowohl mit der Feder, als auch mit dem Hebel durch je ein

*) Ueber eine neue Einrichtung des Pulswellenzeichners. Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien. 1863 Bd 47. II Abth.

Charniergelenk verbunden. Auf diese Weise muss natürlich der Hebel ganz genau den Bewegungen der Feder *A* Folge leisten.

Béhier*) hat an dem Marey'schen Apparate einige Veränderungen anbringen lassen. Der Schreibhebel ist so eingerichtet, dass er bei der Anlegung des Instrumentes mit der Druckfeder noch nicht in Contact steht, sondern mit dieser erst verbunden wird, nachdem die Feder die Arterien richtig erreicht hat.

Es wird dieses (siehe Figur 7. II.) verbunden mit Anbringung der beschriebenen zweiten Mach'schen Modifikation von Béhier in folgender Weise erreicht. An der Axe des Schreibhebels *c* ist eine kleine mit sehr kleinen Zähnchen besetzte Rolle *t* angebracht, die auf derselben Axe fixirt ist. Gegen diese Rolle drückt mit leichter Federkraft das Stäbchen *ke*, das mit ähnlichen kleinen Zähnchen besetzt, in die Zähnchen der Rolle *t* eingreift. Dieses Stäbchen ist mittels eines Charniergelenkes auf der Oberseite der Pelotte *y* der Druckfeder so befestigt, dass man es gegen das Uhrwerk hin umlegen kann, wodurch natürlich der Contakt zwischen *ke* und *t* aufgehoben wird. In dieser Lage ist der Schreibhebel natürlich völlig unabhängig von der Druckfeder. Soll nun, nachdem die Pelotte *y* eine passende Lage auf der Arterie eingenommen hat, der Schreibhebel in Thätigkeit versetzt werden, so legt man *ke* gegen *t* an und sofort beginnt das Spiel desselben. In leichtester Weise kann man nun den Hebel hoch oder niedrig stellen, der überdies durch diese Einrichtung völlig aller Eigenschwingungen baar gemacht wird. Ich kenne diese Einrichtung, welche auch gegenwärtig von Breguet an dem Marey'schen Sphygmographen angewandt wird, aus eigener Anschauung und kann sie als äusserst bequem und zuverlässig unbedingt empfehlen.

Eine besondere Skala zeigt ferner an dem Béhier'schen Apparate den Druck an, mit welchem die Feder gegen die pulsirende Schlagader andrückt. Das Täfelchen ist verlängert und von unten her gleichmässiger beim Ablaufen unterstützt. Endlich sind die stützenden Seitenschienen des Instrumentes nicht mit

---

*) Description de modifications apportées au sphygmographe. Bulletin de l'académie de médecine. 1868. Tome XXXIII. p. 176.

Charnieren befestigt, wie am Marey'schen Apparate, sondern sie sind unbeweglich. Die letzteren Modifikationen scheinen mir im Ganzen ziemlich unwesentlich zu sein.

Baker*) hat den Marey'schen Sphygmographen modificirt. Er setzt an Stelle der Druckfeder ein Laufgewicht, welches durch Verschiebung eine verschiedene Belastung bewirkt. Ausserdem wird eine den Papierstreifen abwickelnde Trommel zur Aufzeichnung benutzt.

Eine andere auf eine genaue Regulirung des Druckes berechnete Veränderung hat B. W. Foster**) angebracht.

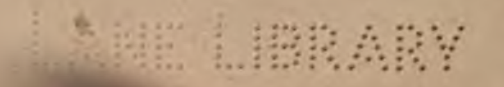
Experimental-Kritik des Marey'schen Sphygmographen.

§. 16.

Wohl selten ist über den Werth und die Brauchbarkeit eines, den wissenschaftlichen Forschungen gewidmeten Instrumentes ein dauernderer und von den Gegnern mit einem so verschieden lautenden Endurtheil der Ansichten behafteter Streit geführt worden, als über den Marey'schen Sphygmographen. Es war klar, dass ein solcher Streit sofort mit dem Bekanntwerden des Instrumentes entbrennen musste, denn die Forschungen Vierordt's standen in einem zu brennenden Gegensatze zu den Studien des Pariser Experimentators. Ich gebe zu, dass die Gründlichkeit und Gelehrsamkeit, mit denen Vierordt seine Lehre vom Arterienpuls ausgearbeitet hat, auf den ersten Blick im Ganzen mehr Vertrauen erwecken, als die zum Theil mit auffallenden Flüchtigkeiten behafteten Publikationen Marey's. Allein, wenn es sich darum handelt, zu entscheiden, welcher von diesen beiden Forschern der Wahrheit am nächsten gekommen ist in der Darstellung des Pulsbildes, so muss man prüfen und experimentiren und nicht nach Schein, Gutdünken und Meinung sein Votum abgeben. Dieser Vorwurf muss aber zum Theil den Gegnern der Marey'schen

*) A new form of sphygmograph. Britsh medic, journ. 1867. p. 604.

**) On a new method of increasing the pressure of the artery in the use of the sphygmograph. Journ of anat. and physiol. 1867. p. 62.



Pulslehre gemacht werden. Ich will hier nur Meissner*) nennen, der Jahre lang alle mit dem Marey'schen Instrumente ausgeführten Untersuchungen verdächtigt hat, ohne auf Grund eigener Experimentalkritik hierzu das Recht erworben zu haben.

Das ist Unrecht. Meissner hat hierdurch zugleich mit die Veranlassung gegebon, dass eine rationelle, dem Standpunkte der Wissenschaft entsprechende Instrumentalerforschung des Pulses bei den deutschen Aerzten fast gar keinen Eingang gefunden hat, während namentlich in Frankreich und auch in England dieselbe schon ziemlich verbreitet ist. Und doch ist bereits mehr als ein Decennium verflossen, seitdem das so brauchbare und auch für den Arzt so leicht anwendbare Marey'sche Instrument in weiteren Kreisen bekannt geworden ist. Es ist unseren Klinikern nicht zu verdenken, dass sie den Sphygmographen nicht mit in den Apparat der physikalischen Diagnostik aufgenommen haben, wenn ein Stimmführer der deutschen Physiologen fort und fort das Instrument verdächtigt und die mit demselben ausgeführten Arbeiten bemängelt. So ist der deutschen Wissenschaft ein Hemmschuh angelegt worden, von dem sie sich hoffentlich baldigst befreien wird. Zu einer exakten Beobachtung eines Krankheitsfalles gehört meines Erachtens die sphygmographische Curve gerade so nothwendig, wie die Temperaturmessung und Pulszählung. Ja in sehr vielen Fällen ist auf sie ein weitaus höheres Gewicht zu legen.

Indessen, wenn wir an den Kliniker und Arzt die Anforderung stellen, die Sphygmographie in umfassender Weise einzuführen, so können jene mit Recht an uns Physiologen die Aufforderung ergehen lassen, dass wir ihnen Rechenschaft geben über die Zuverlässigkeit des Apparates. Und das soll hiermit geschehen.

Da der Marey'sche Sphygmograph in seiner neuesten Gestalt, nämlich mit der Mach-Béhier'schen Modifikation, den Schreibhebel unverrückbar fest mit der Oberseite der Pelotte der Druckfeder verbunden trägt, so kann der Schreibhebel offenbar für sich allein keine Nachschwingungen vollführen. Wir haben

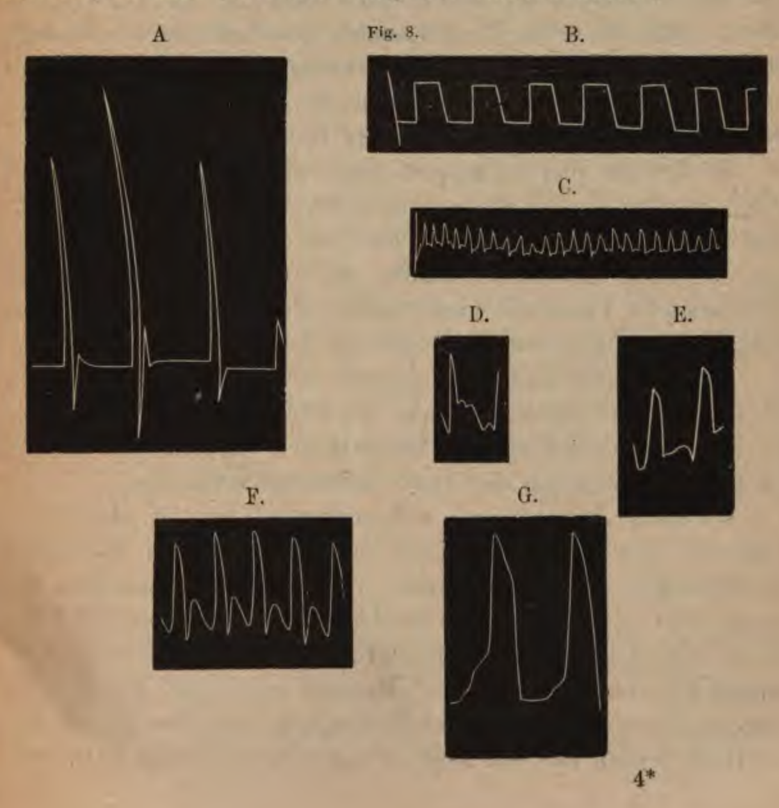
---

*) Vgl. Henle und Meissner, Berichte über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie 1859 und die folgenden Jahrgänge.

daher nur zu untersuchen, wie es sich mit den Nachschwingungen der Druckfeder des Instrumentes verhält. Denn das ist der allgemeine Vorwurf, der von den Gegnern des Marey'schen Apparates erhoben wird, dass das Instrument, durch den Stoss der Schlagader in Bewegung versetzt, Nachschwingungen vollführe und dass namentlich der sogenannte dikrotische Nachschlag das Erzeugniss dieser Nachschwingung sei.

Um mich zuerst davon zu überzeugen, wie beträchtlich die Nachschwingungen der völlig freibeweglichen Feder seien, fixirte ich den Sphygmographen an dem das Uhrwerk tragenden Ende, liess die Druckfeder frei in der Luft horizontal schweben, von Oben her nur in Contact mit dem Schreibhebel, und übte von Unten gegen die Pelotte einen kurzen brüsken Stoss aus. Der den Stoss ausübende Körper wurde nach demselben momentan entfernt, so dass die Feder völlig frei vibriren konnte.

Fig. 8.



Die Curven *A* sind in dieser Weise verzeichnet: sie zeigen alle drei, dass in Folge der Schwingung der Feder der absteigende Schenkel der primären Elevation bis unter das Niveau der Curve abwärts sinkt und zwar um so tiefer, je höher der Stoss die Feder emporgetrieben hatte. Hierauf erhebt sich die Feder wieder und vollführt eine deutliche Nachschwingung, die um so grösser ist, je tiefer die Feder vordem abwärts geschwungen hatte. Bei der mittleren der drei Curven, welche zugleich die höchste ist, findet sich sogar die Spur einer nochmaligen dritten Nachschwingung. Diese Nachschwingungen könnten beim ersten Blicke allerdings bedenklich erscheinen für die Darstellung der Pulsbilder, allein sie sind es keinesweges. Denn wir müssen ja wohl bedenken, dass das freie Ende der Druckfeder beim Gebrauche des Instrumentes niemals freischwingt, sondern ja stets mit der die Schlagader bedeckenden Haut in innigem Contakt bleibt. Nun ist es aber zu bekannt, dass schwingende Federn, sobald sie berührt werden, ihre Schwingungen einstellen, wenn letztere nicht gar zu bedeutend sind, so dass sie das Maass des hier vorliegenden Falles um ein ganz Bedeutendes übertreffen.

Es kommt aber in unserem Falle noch ein zweites Moment hinzu, welches die Nachschwingung erlöschen machen muss. Es wird durch die Berührung mit der Haut nicht allein die Vibration der Feder gedämpft, sondern die der Arterienwand ausser dem primären Pulsstosse noch eigenthümlichen Bewegungserscheinungen suchen sich der Feder mitzutheilen

So legen sich zwei Schwingungen übereinander, die eine von der Periode der Eigenschwingung der Feder, die andere von der der Blutdruckschwankungen. Unter diesen Verhältnissen müssen die Eigenschwingungen der Feder unbedingt verlöschen.

Ich stellte hierauf einen zweiten Versuch an. An dem *freien* Federende des in derselben Lage befestigt gehaltenen Instrumentes befestigte ich einen Faden, führte denselben aufwärts und darauf über eine Messingrolle wieder abwärts. An das Ende dieses so senkrecht niederhängenden Fadens befestigte ich ein Messinggewicht von 50 Grammes. Hierauf wurde das Täfelchen in Bewegung gesetzt. Das Gewicht fing ich nun abwechselnd mit der Hand schnell auf und liess es wieder fallen. Figur 8. B. zeigt

uns die so verzeichneten Curven ohne jegliche Spur von Nachschwingung. Und doch schwingt auch hier das Ende der Feder wiederum frei, wie es bei der Applikation doch niemals der Fall ist. Schon Mach hat einen Versuch dieser Art mit ganz demselben Erfolge angestellt.

v. Wittich*) erläuterte auf der Naturforscher-Versammlung zu Hannover eine sinnreiche Methode, durch welche er die Zuverlässigkeit des Marey'schen Instrumentes prüfte. An das Ende der Druckfeder des frei befestigten Sphygmographen wurde ein Musc. Gastrocnemius eines Frosches angebracht, welcher vom Nerven aus gereizt wurde. Bei jeder Contraction des Muskels wurde auf die Feder eingewirkt. Die durch die Contraction verzeichneten Curven zeigten niemals dicrotische Nachschwingungen, obwohl weder der Ausschlag an Grösse der primären Pulselevation nachstand, noch auch die Dauer der Zuckung länger war, als die Dauer des Pulsschlages. Mit dem Absinken der Erregbarkeit des Muskels änderte sich auch allmählich die Form der Curven, die sich hauptsächlich darin zu erkennen gab, dass die Erhebung des Schreibhebels nicht mehr so hoch reichte, dass der Muskel bei der gleichlangen Reizung länger im Verkürzungsstadium blieb und dass endlich der Schreibhebel ganz allmählich sank. Die Curve des reizbaren Muskels zeigte brüske, hohe Elevation, spitzen Gipfel, steil abfallenden absteigenden Schenkel; die Curve des ermüdeten Muskels hingegen bot dar: kürzeren schräger aufsteigenden Elevationsschenkel, breiten abgerundeten Curvengipfel, sehr schräg absinkenden absteigenden Schenkel.

Um die theoretische sowohl, als auch um die experimentale Kritik des Marey'schen Sphygmographen hat sich schon früher Mach**) ein Verdienst erworben. Bevor ich auf die Ergebnisse

---

*) Beiträge zur Sphygmographie. Amtlicher Bericht der Naturforscher-Versammlung zu Hannover 1865. p. 237.

**) Vergl. dessen hierher zielende Arbeiten: Zur Theorie der Pulswellenzeichner. Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien (mathematisch-physikalische Klasse) 1862. Bd. 46. 2. Abth p. 157 und Zeitschrift der K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien 1862. Jahrgang 18.; Bd. 2. (ein, zum Theil wörtlicher, kurzer Auszug der vorigen Arbeit). — Ueber die Ge-

Die Curven *A* sind in dieser Weise verzeichnet: sie zeigen alle drei, dass in Folge der Schwingung der Feder der absteigende Schenkel der primären Elevation bis unter das Niveau der Curve abwärts sinkt und zwar um so tiefer, je höher der Stoss die Feder emporgetrieben hatte. Hierauf erhebt sich die Feder wieder und vollführt eine deutliche Nachschwingung, die um so grösser ist, je tiefer die Feder vordem abwärts geschwungen hatte. Bei der mittleren der drei Curven, welche zugleich die höchste ist, findet sich sogar die Spur einer nochmaligen dritten Nachschwingung. Diese Nachschwingungen könnten beim ersten Blicke allerdings bedenklich erscheinen für die Darstellung der Pulsbilder, allein sie sind es keinesweges. Denn wir müssen ja wohl bedenken, dass das freie Ende der Druckfeder beim Gebrauche des Instrumentes niemals freischwingt, sondern ja stets mit der die Schlagader bedeckenden Haut in innigem Contakt bleibt. Nun ist es aber zu bekannt, dass schwingende Federn, sobald sie berührt werden, ihre Schwingungen einstellen, wenn letztere nicht gar zu bedeutend sind, so dass sie das Maass des hier vorliegenden Falles um ein ganz Bedeutendes übertreffen.

Es kommt aber in unserem Falle noch ein zweites Moment hinzu, welches die Nachschwingung erlöschen machen muss. Es wird durch die Berührung mit der Haut nicht allein die Vibration der Feder gedämpft, sondern die der Arterienwand ausser dem primären Pulsstosse noch eigenthümlichen Bewegungserscheinungen suchen sich der Feder mitzutheilen

So legen sich zwei Schwingungen übereinander, die eine von der Periode der Eigenschwingung der Feder, die andere von der der Blutdruckschwankungen. Unter diesen Verhältnissen müssen die Eigenschwingungen der Feder unbedingt verlöschen.

Ich stellte hierauf einen zweiten Versuch an. An dem freien Federende des in derselben Lage befestigt gehaltenen Instrumentes befestigte ich einen Faden, führte denselben aufwärts und darauf über eine Messingrolle wieder abwärts. An das Ende dieses so senkrecht niederhängenden Fadens befestigte ich ein Messinggewicht von 50 Grammes. Hierauf wurde das Täfelchen in Bewegung gesetzt. Das Gewicht fing ich nun abwechselnd mit der Hand schnell auf und liess es wieder fallen. Figur 8. B. zeigt

sekundären Erhebung. Hätten wir es mit einer einfachen Nachschwingung zu thun, so müsste bei einer gleichmässigen Applikationsweise offenbar dieselbe um so höher sein, je grösser die Schwingungsamplitüde des ersten Ausschlages war, wie es ja auch die Curven *A* zeigen. Dieses ist aber an den Pulscurven fast nie der Fall. Die Curve *F*, von einer mit deutlich fühlbarem Pulsus dicrotus behafteten Brachialis hat einen höheren Nachschlag, als die selbst freischwingende und viel höher getriebene Feder bei *A* ihn erzeugen kann! Und nun die Curve *G*, vom Herzstosse eines Gesunden aufgeschrieben, hat gar keinen Nachschlag, obschon die primäre Elevation viel höher ist, als in *F*. Solche Beispiele müssen auch den heftigsten Gegner bekehren.

3. Wir finden in der Mehrzahl der Fälle bei Pulscurven, welche von Arterien oder von elastischen Schläuchen verzeichnet sind, kleine Erhebungen mit grösseren abwechseln, und zwar treten an den Arterien-Curven meist zuerst die kleinen auf, dann folgt eine grosse, und endlich können wieder kleinere folgen. Bei der Curve *E* zeigt sich erst eine kleine und dann eine viel grössere. Dies lässt sich mit der Annahme einfacher Nachschwingungen nicht vereinigen, da bei letzteren die Grösse der Schwingungen im Anfange am bedeutendsten ist und allmählich abnimmt.

4. Die ganze nachfolgende Untersuchungsreihe über die Pulscurven der elastischen Schläuche liefert in ihren Einzelnheiten schlagende Beweise. Ich verweise daher auf die folgende Darstellung.

Die Ergebnisse, zu denen Mach durch seine Experimental-Untersuchung gelangte, stellt dieser Forscher in folgenden Sätzen zusammen:

1) So wie die Theorie führt auch das Experiment zu einem sehr günstigen Urtheil über Marey's Sphygmograph. Das Instrument registrirt selbst sehr rasche und heftige Druckvariationen mit grosser Genauigkeit. Es ist also namentlich Meissner's Behauptung, die Eigenthümlichkeiten des menschlichen Pulses seien durch Nachschwingungen des Instrumentes bedingt, als unrichtig zu bezeichnen. Das Instrument kann dem praktischen Arzte nur empfohlen werden.

2) Es ist möglich, dass durch die Applikation des Instru-

Die Curven *A* sind in dieser Weise verzeichnet: sie zeigen alle drei, dass in Folge der Schwingung der Feder der absteigende Schenkel der primären Elevation bis unter das Niveau der Curve abwärts sinkt und zwar um so tiefer, je höher der Stoss die Feder emporgetrieben hatte. Hierauf erhebt sich die Feder wieder und vollführt eine deutliche Nachschwingung, die um so grösser ist, je tiefer die Feder vordem abwärts geschwungen hatte. Bei der mittleren der drei Curven, welche zugleich die höchste ist, findet sich sogar die Spur einer nochmaligen dritten Nachschwingung. Diese Nachschwingungen könnten beim ersten Blicke allerdings bedenklich erscheinen für die Darstellung der Pulsbilder, allein sie sind es keineswegs. Denn wir müssen ja wohl bedenken, dass das freie Ende der Druckfeder beim Gebrauche des Instrumentes niemals freischwingt, sondern ja stets mit der die Schlagader bedeckenden Haut in innigem Contakt bleibt. Nun ist es aber zu bekannt, dass schwingende Federn, sobald sie berührt werden, ihre Schwingungen einstellen, wenn letztere nicht gar zu bedeutend sind, so dass sie das Maass des hier vorliegenden Falles um ein ganz Bedeutendes übertreffen.

Es kommt aber in unserem Falle noch ein zweites Moment hinzu, welches die Nachschwingung erlöschen machen muss. Es wird durch die Berührung mit der Haut nicht allein die Vibration der Feder gedämpft, sondern die der Arterienwand ausser dem primären Pulsstosse noch eigenthümlichen Bewegungserscheinungen suchen sich der Feder mitzutheilen

So legen sich zwei Schwingungen übereinander, die eine von der Periode der Eigenschwingung der Feder, die andere von der der Blutdruckschwankungen. Unter diesen Verhältnissen müssen die Eigenschwingungen der Feder unbedingt verlöschen.

Ich stellte hierauf einen zweiten Versuch an. An dem freien Federende des in derselben Lage befestigt gehaltenen Instrumentes befestigte ich einen Faden, führte denselben aufwärts und darauf über eine Messingrolle wieder abwärts. An das Ende dieses so senkrecht niederhängenden Fadens befestigte ich ein Messinggewicht von 50 Grammes. Hierauf wurde das Täfelchen in Bewegung gesetzt. Das Gewicht fing ich nun abwechselnd mit der Hand schnell auf und liess es wieder fallen. Figur 8. B. zeigt

uns die so verzeichneten Curven ohne jegliche Spur von Nachschwingung. Und doch schwingt auch hier das Ende der Feder wiederum frei, wie es bei der Applikation doch niemals der Fall ist. Schon Mach hat einen Versuch dieser Art mit ganz demselben Erfolge angestellt.

v. Wittich*) erläuterte auf der Naturforscher-Versammlung zu Hannover eine sinnreiche Methode, durch welche er die Zuverlässigkeit des Marey'schen Instrumentes prüfte. An das Ende der Druckfeder des frei befestigten Sphygmographen wurde ein Musc. Gastrocnemius eines Frosches angebracht, welcher vom Nerven aus gereizt wurde. Bei jeder Contraction des Muskels wurde auf die Feder eingewirkt. Die durch die Contraction verzeichneten Curven zeigten niemals dicrotische Nachschwingungen, obwohl weder der Ausschlag an Grösse der primären Pulselevation nachstand, noch auch die Dauer der Zuckung länger war, als die Dauer des Pulsschlages. Mit dem Absinken der Erregbarkeit des Muskels änderte sich auch allmählich die Form der Curven, die sich hauptsächlich darin zu erkennen gab, dass die Erhebung des Schreibhebels nicht mehr so hoch reichte, dass der Muskel bei der gleichlangen Reizung länger im Verkürzungsstadium blieb und dass endlich der Schreibhebel ganz allmählich sank. Die Curve des reizbaren Muskels zeigte brüske, hohe Elevation, spitzen Gipfel, steil abfallenden absteigenden Schenkel; die Curve des ermüdeten Muskels hingegen bot dar: kürzeren schräger aufsteigenden Elevationsschenkel, breiten abgerundeten Curvengipfel, sehr schräg absinkenden absteigenden Schenkel.

Um die theoretische sowohl, als auch um die experimentale Kritik des Marey'schen Sphygmographen hat sich schon früher Mach**) ein Verdienst erworben. Bevor ich auf die Ergebnisse

---

*) Beiträge zur Sphygmographie. Amtlicher Bericht der Naturforscher-Versammlung zu Hannover 1865. p. 237.

**) Vergl. dessen hierher zielende Arbeiten: Zur Theorie der Pulswellenzeichner. Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien (mathematisch-physikalische Klasse) 1862. Bd. 46. 2. Abth. p. 157 und Zeitschrift der K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien 1862. Jahrgang 18.; Bd. 2. (ein, zum Theil wörtlicher, kurzer Auszug der vorigen Arbeit). — Ueber die Ge-

Marey'schen Apparates scheint überdies die Stärke der Druckfeder ganz nach Belieben zu wählen, ich wenigstens habe sehr differente in Händen gehabt und vernehme dasselbe von anderen Beobachtern. Durch Anziehen einer Hülfsschraube, welche die Druckfeder nach Unten abwärts presst, kann man nun allerdings die Spannung der Druckfeder erhöhen und so die Stärke der Feder variiren. Allein das scheint mir noch ungenügend. Soll der Marey'sche Apparat überhaupt für alle Fälle ausreichen, so müssen demselben nach meinem Ermessen wenigstens drei verschiedene Druckfedern beigegeben werden: eine mittelstarke für die gewöhnlichen normalen und für die nicht sehr von der Stärke der normalen Pulsationen abweichenden pathologischen Pulsbewegungen, ferner eine harte für brüske und sehr ergiebige Bewegungen und endlich eine ganz weiche, welche dem leisesten Drucke nachgibt, für sehr schwache und durch Druck leicht erlöschende Rhythmen. Diese Zugabe kann unmöglich den Apparat merklich vertheuern und es lässt sich mit Leichtigkeit die Einrichtung treffen, dass die Federn beliebig gewechselt werden können.

Longuet's Sphygmograph.

§. 18.

Longuet, ein Schüler Béhiers, glaubt in dem von ihm construirten Instrumente bedeutende Vorzüge vor den übrigen Sphygmographen vereinigt zu haben.*) Die beigefügte schematische Zeichnung wird uns leicht die Einrichtung des Instrumentes verständlich machen.

Longuet erzielt die Vergrösserung der Pulsbewegung nicht wie Vierordt und Marey durch den Hebel, sondern durch eine Scheibe, in der Art, dass er den Pulsstoss auf dieselbe in der Nähe ihres Centrums, um welches herum sie mittels einer senkrecht durchgehenden Axe drehbar ist, einwirken lässt und an ihrer Peripherie die Schreibfeder anbringt. Im Einzelnen besteht

*) Bulletin de l'académie de médecine. 1868. Tome XXXIII. p. 962.

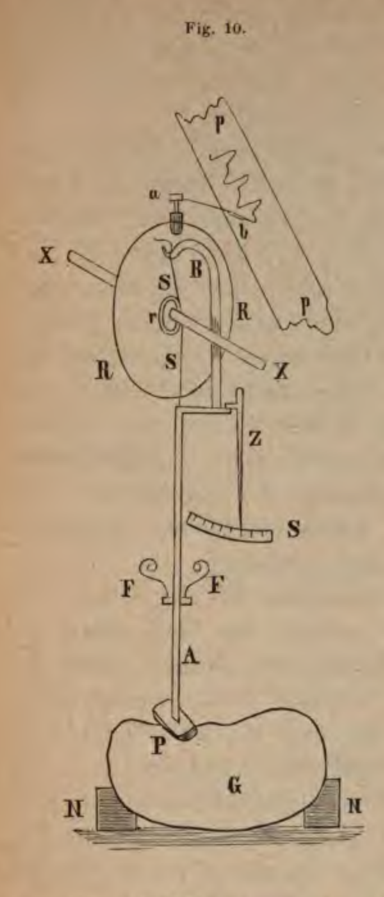


Fig. 10.

der Apparat zunächst aus einem senkrecht gerichteten Stäbchen *A*, welches an seinem unteren Ende die Pelotte *P* trägt, welche auf der Arterie zu liegen kommt und zwar auf der Art. radialis, für welche der Apparat vornehmlich bestimmt ist. Zwei Federn *F F* drücken das Stäbchen mit ihrer elastischen Kraft gegen die Arterie an. Das Stäbchen geht an seinem oberen Ende in einen Fiedelbogen *B* über, dessen Schnur straff um die kleine Rolle *r* herumgeführt ist. Senkrecht durch die letztere läuft die Axe *X X*, um welche sich die Rolle dreht Mit der kleinen Rolle steht, und zwar um dieselbe Axe drehbar, die bedeutend grössere Scheibe *R R* in fester Verbindung. Es ist klar, dass, wenn das Stäbchen *A* mit seinem Fiedelbogen auf- und niedergeht, die kleine Rolle sich drehen muss und ebenso die mit ihr verbundene Scheibe *R R*. Da letztere beträchtlich grösser ist, als die Rolle *r*, so wird ein Punkt ihrer Peripherie auch eine entsprechend grössere Bewegung machen, als ein Punkt an der Peripherie der Rolle *r*. An die Peripherie der Scheibe wird nun die Klemme *a* gesteckt, welche an einem horizontalgerichteten, leicht abwärts federnden Metallblatt die gewöhnliche Schreibfeder *b* trägt, welche auf dem durch ein Uhrwerk vorgezogenen Papierstreifen *p p* die Pulsbewegung in dieser ihrer Vergrösserung aufzeichnet.

Das Stäbchen überträgt seine Bewegung ausserdem auf den Zeiger *Z*, welcher auf der bogenförmigen Skala *S* den Druck angibt, mit welcher die Pelotte *P* auf die Arterie drückt, und die

Kraft, mit welcher die Arterie das Stäbchen zu heben im Stande ist. Der Vorderarm, dessen Durchschnitt in *G* verzeichnet ist, wird auf ein besonderes Brett gelegt, und wird in seiner Lage durch die beiden Seitenklötze *NN* erhalten.

Longuet rühmt nun folgende Vorzüge seines Instrumentes gegenüber dem seines Landsmannes Marey. Zuerst wird der Vorderarm nur an 3 Punkten einem Drucke ausgesetzt, nämlich von Seiten der beiden Seitenklötze *NN* und der Pelotte *P*. Auf diese Weise erleidet die Cirkulation, namentlich in den Venen keine Behinderung, welche wohl eintreten kann, wenn der Vorderarm, wie es bei dem Marey'schen Instrumente sein soll, mit der Befestigungsschnur auf dem Arme festgeschnürt wird. Dieses ist jedoch nur ein scheinbarer Vortheil, da der Marey'sche Apparat gar nicht die venöse Cirkulation behindert, wenn er kunstgemäss angelegt ist. Es ist noch keinem Forscher, der mit dem Marey'schen Instrumente gearbeitet hat, jemals eingefallen, demselben nach dieser Richtung hin einen Fehler beizulegen. Im Uebrigen kann man auch ganz gut ohne Umschlingung mit der Schnur den Apparat fixiren. Die angegebene Lagerung des Vorderarmes bei Longuet soll es ferner möglich machen, den Apparat selbst bei ganz kleinen Kindern anzuwenden. Offenbar doch wohl nur, wenn sie still halten und dann geht es mit dem Marey'schen Instrumente auch. Es soll ferner der senkrecht wirkende Druck der Pelotte mehr begrenzt die Arterie erreichen können und deshalb die Curven präciser machen Auch diesen Vorwurf, dass die Pelotte die Arterie nicht in hinreichend begrenzter Weise erreiche, wird man nicht mit Ernst dem Marey'schen Instrumente machen können. Longuet rühmt ferner die grössere Handlichkeit seiner Schreibfeder; auch dieses zugegeben, fragt sich andererseits, ob Longuet's gewöhnliche Feder mit dem erforderlichen Minimum der Reibung schreibe. Das Vorhandensein des Zeigerdynamometers wird ferner als ein Vortheil wohl nicht ganz mit Unrecht hervorgehoben, dagegen ist offenbar die Zulässigkeit langer Papierstreifen wohl nur ein recht schwacher Vorzug. Ein weiterer, ebenfalls nicht wesentlicher Vorzug soll darin liegen, dass das Stäbchen mit seiner Pelotte vor der Anlegung völlig frei ist. Der Apparat lässt sich nicht allein an die Art. radialis, sondern auch

an andere anlegen; da dies aber auch vom Marey'schen gilt, so liegt hier wiederum kein Vorzug vor.

Die gerühmten Vorzüge scheinen mir, ich gestehe es offen, so gut wie gar nicht zu existiren, dagegen zeigt der Apparat vom Standpunkte der Mechanik aus einen entschiedenen Rückschritt. Es ist an demselben die bewegte Masse bedeutend vermehrt.

Ganz offenbar wird die grosse Scheibe eine grössere Tendenz zur Eigenbewegung haben, als der dünne Marey'sche Holzhebel, der ja eigentlich nur einem dünnen Radius der Longuet'schen Scheibe gleicht. Durch diese Vermehrung der bewegten Masse ist aber einer der Hauptanforderungen eines guten Sphygmographen geradezu widersprochen. Nach alledem muss ich mich dagegen erklären, in dem Longuet'schen Instrumente einen Fortschritt zu erblicken.

Valentin's Pulszeichner.

§. 19.

Valentin glaubt, dass man sich die Aufgabe, naturgetreue Pulscurven zu gewinnen, durch zweierlei Umstände erschwert habe.*) Das Aufzeichnen auf einem senkrechten Cylinder begünstigt nach seiner Ansicht die Eigenschwingungen des Einflusses der Schwere wegen. Das Bemühen, die Pulscurven vergrössert zu erhalten, zwingt zu der Einführung eines Spieles kürzerer und längerer Hebelarme, durch welches die ursprüngliche Unrichtigkeit nicht immer naturgetreu wiedergegeben wird. Da man jede Pulscurve unter Vergrösserungsgläsern ausmessen könne, so erzeuge es keinen wesentlichen Nachtheil, wenn man sie in ihrer ursprünglichen Kleinheit aufzeichne. Die Vorrichtungen werden hierdurch einfacher und deswegen zugleich sicherer.

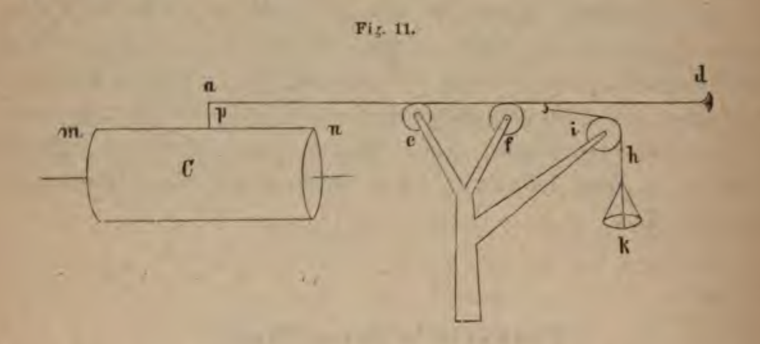
Der waagerechte Gang des Schreibhebels, sagt Valentin weiter, gewährt den Vortheil, dass alle störenden Eigenbewegungen desselben hinwegfallen, wenn er vor jeder unnatürlichen Sei-

---

*) Versuch einer physiologischen Pathologie des Herzens und der Blutgefässe. Leipzig und Heidelberg. 1866. p. 381.

tenschwankung durch die Einrichtung des Apparates selbst bewahrt wird. Valentin empfiehlt in dieser Hinsicht zwei Vorrichtungen, die er zum Aufschreiben der Muskelcurven benutzt. Die erste Vorrichtung lässt den Hebel auf kleinen gefurchten Rollen laufen. Sie müssten für den Sphygmographen in feinen Spitzen mit möglichst geringer Reibung spielen oder als Frictionsrollen eingerichtet sein.

Fig. 11.



Ist *m n* die Oberfläche des sich waagerecht drehenden Cylinders *C* (oder einer Scheibe), so trägt der auf den Rollen *e* und *f* bewegliche Hebel *a d* den Schreibstift *a p* (eine Hipp'sche Feder). Das Ende *d* wird an der Pulsstelle befestigt. Die über die Rolle *i* laufende Schnur *h*, welche zur Waagschaale *k* geht, ist hinter *f* an dem Hebel *a d* so befestigt, dass sie diesen gegen die Pulsstelle andrückt, wenn man das nöthige Gewicht auf *k* legt. Der Hebel könnte in der Nähe seiner beiden Enden aus- und einschiebbar gemacht werden, um seine Länge den mit den verschiedenen Schlagadern wechselnden Bedürfnissen anzupassen. Die Vorrichtung würde es möglich machen, die Grösse der Zusammendrückung der Schlagader und der Nutzwirkung, die sie während jeden Schlages leistet, genauer zu bestimmen.

In neuerer Zeit hat Valentin die zweite Vorrichtung getroffen, indem er den Hebel *ad* an zwei oben und unten in Spitzen laufenden Tragarmen aufhängen lässt, so dass dessen Hin- und Herbewegung leichter als auf Rollen möglich wird. Diese zweite an einer kleinen Säule befestigte Vorrichtung hat unten einen die Rolle *i* tragenden Stab, den man, wie das an dem Hebel an-

schraubbare Häkchen, in dem die Schnur h befestigt wird, an der einen oder anderen Seite des Statives anbringen kann, je nachdem man diese zweite Vorrichtung für die Myographie oder die Sphygmographie verwenden will.

Valentin hat schon früher der besagten ersten Vorrichtung das Wort geredet*), doch will es mir scheinen, dass er es bei der Empfehlung hat bewenden lassen, ohne den Apparat praktisch zu verwenden. Denn die am letztgenannten Orte auf rotirender Scheibe gegebene Abbildung ist wohl nur schematisch hingezeichnet. Sie gleicht den Vierordt'schen Pulsbildern und ist schon deshalb nicht naturgetreu zu nennen.

Dass der Valentin'sche Apparat in seiner ersten oder zweiten Vorrichtung wirklich zum Pulszeichnen benutzt werden kann, unterliegt gar keinem Zweifel. Es fragt sich nur, wie die Bilder werden; und da muss ich nach meinen an anderen Apparaten gemachten Erfahrungen denn doch entschiedene Zweifel kundgeben, ob es gelingen wird, ohne die Bewegungen der Arterienwand durch Hebelvorrichtung zu vergrössern, Bilder zu erzielen, die alle Einzelheiten der Pulsbewegung deutlich wiedergeben. In allergünstigsten Fällen wird man nämlich vielleicht die Rückstosswelle verzeichnet finden, — die Elasticitätsschwankungen dürften aber kaum jemals zur Perception kommen. Eine nachträgliche Vergrösserung unter dem Mikroskop kann aber in keiner Weise die mechanische Vergrösserung durch den Zeichenhebel ersetzen. Aus diesem Grunde habe ich es unterlassen, den Apparat, den man sich gewiss leicht herstellen kann, experimental zu prüfen.

Czermak's Pulsspiegel.

§. 20.

Czermak**) zeigte die Bewegungen der Arterienwand beim Pulse durch ein planes Spiegelchen, welches an einer Nadel be-

*) Grundriss der Physiologie. 4. Aufl Braunschweig 1855. p. 164. § 536.

**) Mittheilungen aus dem physiologischen Privatlaboratorium. Heft I. Wien 1864. p. 29 — und Sphygmische Bemerkungen, Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien, mathem.-physik. Klasse. Bd. 47. 2 Abth 1863. p. 438 442.

photographirt. Er setzt eine, unten mit einer Membran verschlossene und bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber gefüllte Glasröhre auf die pulsirende Körperregion und photographirt die Schwankungen des Niveaus. Mir scheint denn doch eine solche Genauigkeit etwas verdächtig. Die Photographie hat doch nur den Sinn, um die Eigenschwingungen aller Instrumente zu vermeiden. Wesshalb also eine Quecksilbersäule einführen, die so ausserordentlich leicht Eigenschwingungen macht?

Der Angiograph.

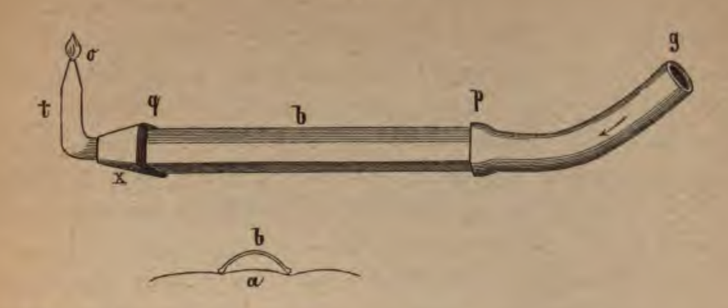
§. 23.

Nach meinen Erfahrungen gebe ich der Hebelvorrichtung bei der Construction eines die rhythmischen Bewegungen registrirenden Instrumentes vor der Anwendung von Druckfedern entschieden den Vorzug. Namentlich allemal da, wo es sich um Erzielung möglichst genauer Resultate handelt, muss es wünschenswerth erscheinen, dass man die Belastung des Instrumentes vollkommen in seiner Hand hat.

Das von mir construirte Instrument besteht aus folgenden Theilen, die sich aus der Abbildung leicht in ihrer Zusammensetzung erkennen lassen. An dem einen Ende der als Basis dienenden Platte *G G* erhebt sich das Zapfenpaar *p* (in der Zeichnung ist nur der eine sichtbar) zwischen deren oberen Theilen *x* der Hebel *d r* zwischen feinen Spitzen im Charniergelenke beweglich ist.

Dieser zweiarmige Hebel trägt an seinem längeren Arme *b* einen unter ziemlich rechtem Winkel nach abwärts gerichteten Fortsatz, der Unten in eine platte, länglich ovale Pelotte *c* ausgeht, welche auf die pulsirende Stelle zu liegen bestimmt ist. Der kürzere Hebelarm trägt ein Gegengewicht *d*, welches genau so schwer ist, dass der gesammte Hebel zwischen den Spitzen des Drehpunktes im Gleichgewichte ruht. Auf dem Endpunkte des langen Hebelarmes, bei *r*, erhebt sich aufwärts eine leichte Zahnstange *h*, welche durch eine schwache Feder nach vorn geneigt

Fig. 12.



Metallwand und der Haut fülle ich mit einem brennbaren Gase, am einfachsten mit Leuchtgas an. Zu dem Behufe verbinde ich mit dem einen Ende (*p*) des gewölbten Metalltunnels eine zuleitende Gasröhre (*g*). Mit dem anderen Ende (*q*) hingegen setze ich, durch ein kurzes Cautschukzwischenstück (*x*) verbunden, ein knieförmig aufwärts gerichtetes Glasröhrchen (*t*) in Verbindung, dessen Spitze eine Nähnadeldünne Oeffnung (*o*) zum Austritt des Gases durchbohrt. Ich lasse das Gas bei minimalstem Drucke durch den die Arterie der Länge nach überwölbenden Metalltunnel streichen und entzünde es an der Spitzenöffnung des Glasröhrchens. Die Flamme darf nur wenige Millimeter hoch sein.

Nun erkennt man schon mit blossem Auge, noch viel besser aber bei Lupenvergrösserung, dass die Flamme isochron mit jedem Pulsschlage anwächst und zwar mit einem ganz deutlich markirten Nachschlage. Setzt man auf die Art. radialis des einen Armes den Marey'schen Sphygmographen, auf die des andern das Gas-Sphygmoscop, so überzeugt man sich, dass in dem Hauptschlag und dem Nachschlag beider Seiten völlige Zeitgleichheit besteht.

Nimmt man Wasserstoffgas, so hat man ein etwa 15 Mal leichteres Material als die atmosphärische Luft, auf das der Pulsschlag die Bewegung überträgt.

Ich habe das Gas-Sphygmoscop auch an elastischen Schläuchen geprüft. Hier gebe ich demselben eine andere Form, nämlich ich umgebe das elastische Rohr an einer Stelle mit einer einige Centimeter langen Glasröhre, die nur wenig dicker ist, als die elastische Röhre. Die beiden Enden der Glasröhre werden

photographirt. Er setzt eine, unten mit einer Membran verschlossene und bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber gefüllte Glasröhre auf die pulsirende Körperregion und photographirt die Schwankungen des Niveaus. Mir scheint denn doch eine solche Genauigkeit etwas verdächtig. Die Photographie hat doch nur den Sinn, um die Eigenschwingungen aller Instrumente zu vermeiden. Wesshalb also eine Quecksilbersäule einführen, die so ausserordentlich leicht Eigenschwingungen macht?

Der Angiograph.

§. 23.

Nach meinen Erfahrungen gebe ich der Hebelvorrichtung bei der Construction eines die rhythmischen Bewegungen registrirenden Instrumentes vor der Anwendung von Druckfedern entschieden den Vorzug. Namentlich allemal da, wo es sich um Erzielung möglichst genauer Resultate handelt, muss es wünschenswerth erscheinen, dass man die Belastung des Instrumentes vollkommen in seiner Hand hat.

Das von mir construirte Instrument besteht aus folgenden Theilen, die sich aus der Abbildung leicht in ihrer Zusammensetzung erkennen lassen. An dem einen Ende der als Basis dienenden Platte *G G* erhebt sich das Zapfenpaar *p* (in der Zeichnung ist nur der eine sichtbar) zwischen deren oberen Theilen *x* der Hebel *d r* zwischen feinen Spitzen im Charniergelenke beweglich ist.

Dieser zweiarmige Hebel trägt an seinem längeren Arme *b* einen unter ziemlich rechtem Winkel nach abwärts gerichteten Fortsatz, der Unten in eine platte, länglich ovale Pelotte *c* ausgeht, welche auf die pulsirende Stelle zu liegen bestimmt ist. Der kürzere Hebelarm trägt ein Gegengewicht *d*, welches genau so schwer ist, dass der gesammte Hebel zwischen den Spitzen des Drehpunktes im Gleichgewichte ruht. Auf dem Endpunkte des langen Hebelarmes, bei *r*, erhebt sich aufwärts eine leichte Zahnstange *h*, welche durch eine schwache Feder nach vorn geneigt

terien in verschieden grossen Zeitintervallen erfolgt, gerade wie der Nachschlag des Marey'schen Sphygmographen, wie ich Unten genauer auseinandersetzen werde. Das ist natürlich mit der Annahme eines etwaigen Nachflackerns vollkommen unvereinbar.

Auf der Versammlung der baltischen Aerzte in Greifswald, am 9. und 10. Juni 1870, hatte ich das Vergnügen, die anspruchslose Vorrichtung einer grossen Zahl von Collegen auf dem hiesigen physiologischen Institute desmonstriren zu dürfen.

Das Photographiren der Pulsbilder.

§. 22.

Von dem Gedanken geleitet, dass alle Instrumente, welche man mit der lebendigen Pulsader in Berührung bringt, durch ihre Eigenschwingungen die wirkliche Form der Pulsbewegungen verunstalten und stören könnten, hat man daran gedacht, das Bild des pulsirenden kleinen Radialishügels am Handgelenke durch optische Mittel zu vergrössern und den bewegten Schatten auf einer empfindlichen Platte, die seitlich bewegt wird, zu photographiren.

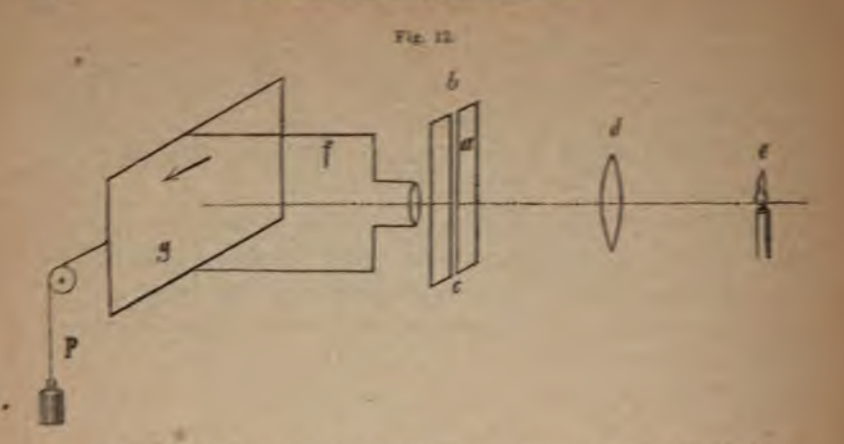
Schon vor einer Reihe von Jahren hatte Valentin und Fischer es versucht, die Schwankungen der Quecksilbersäule des Kymographiums photographisch aufzuzeichnen, um sich von den Reibungen der gewöhnlichen Schreibvorrichtungen zu befreien. (Valentin, Versuch einer physiologischen Pathologie des Herzens, 1866. p. 381. §. 506.)

Czermak*) hat darauf den Gedanken an die Sphygmo-Photographie angeregt, den unabhängig von ihm auch Th. Weber gefasst hatte. Ich möchte den folgenden Apparat hierfür empfehlen, wie er zur Registrirung von den Physikern, Astronomen und Meteorologen schon seit längerer Zeit gebraucht wird.

---

*) Mittheilungen aus dem physiologischen Privatlaboratorium. Wien 1864. p. 27—29.

Fig. 12.



Vor die Spalte *b c* des Schirmes *a* bringe man den Radialishügel in ruhiger Lage an und beleuchte ihn von der Seite mittels einer Sammellinse *d* durch Kerzenlicht *e*. Eine Camera obscura *f* wird von der anderen Seite dem Spalte sehr genähert. Das Bild des pulsirenden Hügels fällt natürlich vergrössert und umgekehrt auf die hintere Wand *g* der Camera. Je weiter die Rückwand von der Linse der Camera entfernt ist, desto grösser ist das Bild des Hügels. Die Rückwand der Camera stellt eine empfindliche Platte dar, die durch eine passende Vorrichtung *P* gleichmässig seitlich bewegt wird. Auf diese Weise wird die Pulsbewegung der Radialis photographirt.

Der hier kurz beschriebene Apparat wurde schon im Jahre 1846, sieben Jahre nach Entdeckung der Photographie von Ronald in Paris angefertigt zu dem Zwecke, um die Schwankungen des Barometers und Thermometers so auf Daguerrotyp-Platten zu verzeichnen.

Brooke setzte dies Verfahren fort und er war im Stande, auf der Londoner Weltausstellung 1851 einen derartigen vollständigen photographisch-meteorologischen Apparat auszustellen, der grosses Aufsehen erregte und sofort in Kew, Greenwich und Paris Eingang fand.

Czermak*) macht mit Recht darauf aufmerksam, dass sich

*) Sitzungsberichte der K. K. Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. 47. 1863. p. 442.

von der pulsirenden Arterienwand ein bedeutend vergrösserter Schattenriss erzeugen lasse, wenn man den Fokus einer Linse von passend gewählter Brennweite der Arterie von einer Seite nähert, so dass dieselbe nahe am Fokus in den divergirenden Strahlenkegel zu liegen kommt. Die Lichtstrahlen verhalten sich dann genau wie ein Fühlhebel, dessen Umdrehungspunkt mit dem Brennpunkt zusammenfällt. Durch die vertikale enge Spalte lässt sich dann eine schmale Lichtlinie erhalten, die sich genau entsprechend den Bewegungen der Arterienwand verkürzen und verlängern wird. Die Lichtstrahlen werden dann direct in die Camera geleitet, ohne zwischenliegende Linse. Durch diese von Czermak empfohlene Modifikation werden natürlich die photographischen Curven grösser ausfallen.

Für die graphische Darstellung der Pulsbewegung setze man jedoch auf diese Vorrichtungen, so sinnreich sie auch sind, nur keine zu grossen Hoffnungen. Denn einmal sind die Pulse mancher Arterien: Carotis, Brachialis, Femoralis, Tibialis postica auf diese Weise gar nicht vor den Spalt zu bringen und zum andern theilen sich gerade die feinsten Bewegungserscheinungen nicht der Haut in hinreichender Weise mit. Es ist vielmehr nothwendig, dass die letztere durch Druck der Arterienwandung so nahe wie möglich gebracht wird.

Will man sich also lediglich davon überzeugen, dass der pulsirende Radialishügel die Rückstosselevation ohne alle Instrumente zeigt, — gut, — das sieht man auch mit blossem Auge, wie ich bewiesen habe; — will man aber wirklich mit allen ihren Einzelheiten genaue Pulsbilder erzielen, — dann nehme man vor allen Dingen diesen Apparat nicht.

Czermak erwähnt von diesen Pulsphotographien noch, dass man dieselben zur genauen Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Pulswellen in den Arterien wird benutzen können, zu welchem Zwecke man füglich die zu vergleichenden Curven auf einer und derselben Collodiumplatte gleichzeitig photographiren lassen kann.

Neuerdings hat auch Ch. Ozanam*) Herz- und Pulsschlag

*) Les battements du coeur et du pouls reproduits par la photographie. Comptes rendus. 1867. p. 314.

photographirt. Er setzt eine, unten mit einer Membran verschlossene und bis zu einer gewissen Höhe mit Quecksilber gefüllte Glasröhre auf die pulsirende Körperregion und photographirt die Schwankungen des Niveaus. Mir scheint denn doch eine solche Genauigkeit etwas verdächtig. Die Photographie hat doch nur den Sinn, um die Eigenschwingungen aller Instrumente zu vermeiden. Wesshalb also eine Quecksilbersäule einführen, die so ausserordentlich leicht Eigenschwingungen macht?

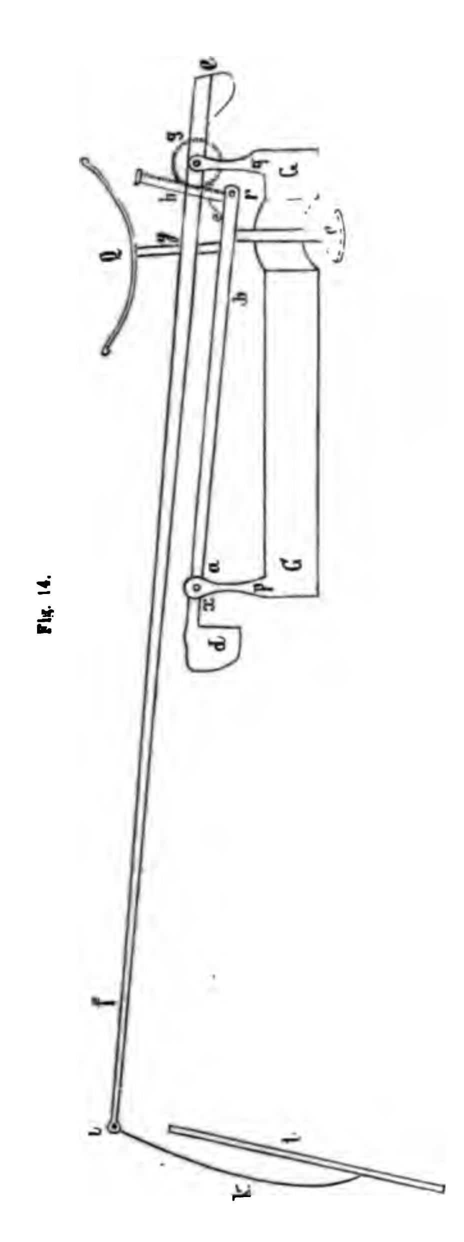
Der Angiograph.

§. 23.

Nach meinen Erfahrungen gebe ich der Hebelvorrichtung bei der Construction eines die rhythmischen Bewegungen registrirenden Instrumentes vor der Anwendung von Druckfedern entschieden den Vorzug. Namentlich allemal da, wo es sich um Erzielung möglichst genauer Resultate handelt, muss es wünschenswerth erscheinen, dass man die Belastung des Instrumentes vollkommen in seiner Hand hat.

Das von mir construirte Instrument besteht aus folgenden Theilen, die sich aus der Abbildung leicht in ihrer Zusammensetzung erkennen lassen. An dem einen Ende der als Basis dienenden Platte *G G* erhebt sich das Zapfenpaar *p* (in der Zeichnung ist nur der eine sichtbar) zwischen deren oberen Theilen *x* der Hebel *d r* zwischen feinen Spitzen im Charniergelenke beweglich ist.

Dieser zweiarmige Hebel trägt an seinem längeren Arme *b* einen unter ziemlich rechtem Winkel nach abwärts gerichteten Fortsatz, der Unten in eine platte, länglich ovale Pelotte *c* ausgeht, welche auf die pulsirende Stelle zu liegen bestimmt ist. Der kürzere Hebelarm trägt ein Gegengewicht *d*, welches genau so schwer ist, dass der gesammte Hebel zwischen den Spitzen des Drehpunktes im Gleichgewichte ruht. Auf dem Endpunkte des langen Hebelarmes, bei *r*, erhebt sich aufwärts eine leichte Zahnstange *h*, welche durch eine schwache Feder nach vorn geneigt


Fig. 14.

gehalten wird, die aber auch gegen *x* zurückgebogen werden kann. Besagte Zahnstange drückt sich gegen die gezähnte Rolle *g* an. Letztere ist unbeweglich befestigt auf der Axe des sehr leichten Schreibhebels *ef*, der gleichfalls zwischen Spitzen laufend, durch ein Paar Stützen *q* an dem entgegengesetzten Ende der Grundplatte *GG* angebracht ist. Der Schreibhebel besteht aus dünnem, leichtem Holze oder Schilf und ist durch das Gegengewichtchen *e* vollkommen im Gleichgewichte. Von der Spitze des Schreibhebels *i* hängt, im Charniergelenk befestigt, sehr leicht, aber zugleich sehr exakt, nicht schlotternd gearbeitet, die leicht gebogene Nadel *k* abwärts, welche durch das Gewicht ihrer Schwere gegen das schräg gegen sie anstehende Täfelchen — in der Abbildung von der schmalen Kante aus gesehen — sich anlehnt, und beim Auf- und Niedergehen mit minimalster Reibung die Curve in die zart berusste Fläche des Schreibtäfelchens einradirt.

Der erstgenannte Hebel *dr* trägt ungefähr gegenüber dem Abgange der Pulspelotte *c*

einen Fortsatz y, der Oben in eine flache Schaale Q übergeht. Der Hebel dr mit sammt der Schaale Q und der Pulspelotte c, wird durch das Gegengewicht d im Gleichgewichte erhalten. Da also sowohl der untere Hebel dr mit seinen Nebentheilen, als auch der Schreibhebel genau äquilibrirt sind, so wird, wenn die Pelotte c auf eine pulsirende Körperstelle gelegt wird, zunächst gar kein Druck ausgeübt. Durch Auflegen von Gewichten auf die Schaale Q habe ich es nun vollkommen in meiner Hand, den Grad der Belastung zu wählen, bei welchem die Pulsation am deutlichsten und correctesten registrirt wird. Diesen Grad lernt man nach verschiedenen Uebungen und Versuchen bald mit Sicherheit eruiren.

Es wäre geradezu thöricht, wollte ich meinem Instrumente so sehr vor allen übrigen den Vorzug geben, dass ich dieselben als ungenügend dem meinigen gegenüber erklären wollte. Dies kommt mir nicht entfernt in den Sinn, ich habe vielmehr stets dem Marey'schen Apparate als einem sehr zuverlässigen und leicht handzuhabenden Instrumente das Wort geredet und will ihn auch ferner gern jedem Arzte empfehlen. Trotzdem glaube ich aber, dass mein Angiograph einige Vorzüge besitzt und das sind die folgenden.

1) Es muss als ein Vorzug betrachtet werden, dass der Apparat so eingerichtet ist, dass derselbe in jedem beliebigen Grade belastet werden kann. Er ist daher geeignet, sowohl die weichsten Venenbewegungen, als auch die energischen und kraftvollen Stösse aneurysmatischer Erweiterungen zu verzeichnen.

2) Die Einrichtung des Schreibstiftes k ist zweckmässiger, weil dieser stets mit dem Täfelchen in Berührung bleibt und doch mit minimalster Reibung schreibt. Beim Marey'schen Apparate ist die Einstellung der Art sehr difficil und sehr viele Versuche misslingen, weil entweder die Schreibspitze zu stark gegen die berusste Fläche drückt und so gering, dass oft Lücken in der Curvenreihe auftreten.

3) Ich halte es endlich für einen Vorzug meines Apparates, dass der Schreibhebel in senkrechtem Auf- und Niedergehen zeichnet, nicht in Bogenführung wie bei Marey's Sphygmograph. Es eignen sich aber Curven mit senkrechter Linienführung viel besser

zu genauen Ausmessungen und Vergleichungen, als jene. Auch ist unser Auge viel eher daran gewöhnt, Abweichungen von geraden Linien zu erkennen, als von Kreisbögen.

Der Angiograph muss stets so applicirt werden, dass das Pelottenstäbchen *c* senkrecht gegen die pulsirende Körperstelle drückt. Der Apparat kann zur Registrirung der Arterien- und Venenpulse und des Herzstosses benutzt werden. Man bringt zu diesem Behufe zunächst die Pelotte in die richtige Lage, wobei man in den allermeisten Fällen die Basalplatte *G G* auf der Umgebung des pulsirenden Theiles direkt aufstützen kann. In anderen Fällen muss man die Basalplatte mittelst Schrauben an einem festen Träger fixiren, so dass der ganze Apparat in einem geringen Abstande über der pulsirenden Region schwebt und allein die Pelotte *c* diese direkt berührt. Bevor die letztere ihre genaue Position erhalten hat und der Apparat genügend belastet worden ist, wird der Schreibhebel zurückgeschlagen und erst nach Erreichung der richtigen Lage mit dem unteren Hebel in zweckmässiger Höhenlage mittelst *g* und *h* in Verbindung gebracht.

Bequemer zu handhaben als mein Instrument ist bestimmt der Marey'sche Apparat, den ich deshalb den praktischen Aerzten nicht zu Gunsten meines Instruments verleiden will. Mir kam es aber weniger auf die Bequemlichkeit der Handhabung, als auf ein den wissenschaftlichen Anforderungen genügendes Instrument an, und das glaube ich, construirt zu haben.

Ich habe mit meinem Angiographen meine Untersuchungen über die Wellenbewegungen in elastischen Schläuchen angestellt und die dort gegebenen Abbildungen sind von ihm verzeichnet

Die Pulscurven des menschlichen Körpers gibt er sehr ähnlich den Marey'schen Curven an, mit den erwähnten Abweichungen, die lediglich in der Construktion des Instrumentes beruhen.

Ich werde bei der Besprechung der Art. radialis Curven vorlegen, welche bei verschieden grosser Belastung der Arterien verzeichnet sind und auf den Einfluss hinweisen, den die Belastung auf die Gestaltung der Pulscurven ausübt.

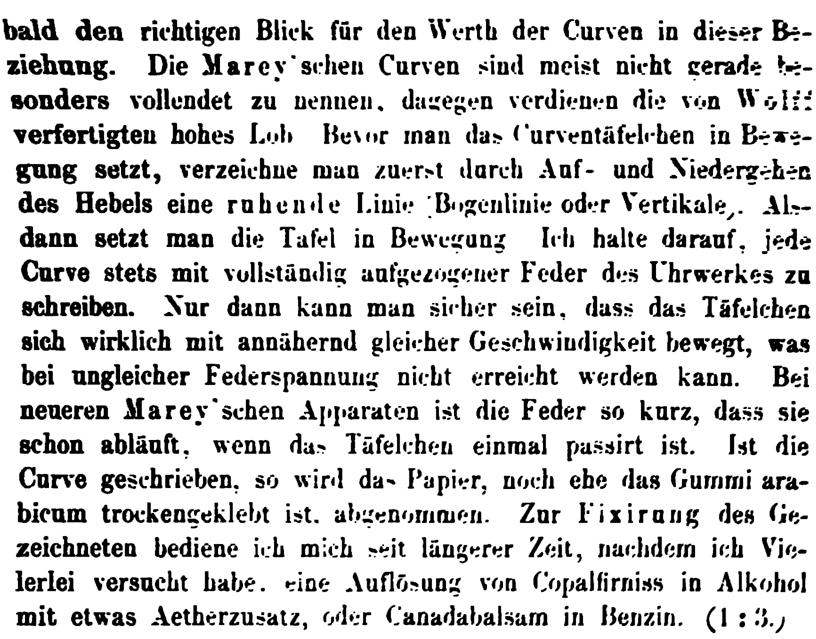
Methode des Curvenzeichnens.

§ 24.

Ich habe meine Curven in der Weise dargestellt, dass ich dieselben durch die Metallspitze des Hebels in eine berusste Fläche einkratzen liess. Ich ziehe diese Methode allen anderen vor, weil ich der Ueberzeugung bin, dass sich auf keine andere Weise mit so geringen Reibungswiderständen zeichnen lässt. Und dies ist vor allen Dingen nothwendig, will man alle feinen Bewegungserscheinungen an der Arterienwand bildlich dargestellt erhalten. Meine Beobachtungen haben mich gelehrt, dass das glatte Kreidepapier, welches zu Visitenkarten vielfältig benutzt wird, als Träger der Russschicht allen anderen Papiersorten vorzuziehen sei. Nachdem ich eine Anzahl Streifen von passender Grösse ausgeschnitten habe, berusse ich dieselben über einer Petroleumlampe (ohne Cylinder). Man kann die Berussung nicht schwach genug machen; das Papier darf nur einen mässig grauen Hauch erhalten haben. Mit zunehmender Dicke der Russschichte wächst natürlich der Reibungswiderstand beim Zeichnen, ganz davon abgesehen, dass bei dicken Schichten der Russ vor der Metallspitze bröckelnd abspringt.

Bei der Vornahme der Berussung ist darauf zu achten, dass man den Papierstreifen nicht zu heiss werden lassen darf, damit er nicht uneben wird. Man muss daher mit demselben in dem passenden Abstande von der Flamme schnell über derselben hin und herfahren.

Mit dickflüssigem Gummi arabicum klebe ich das berusste Papier auf das Täfelchen des Marey'schen Instrumentes und suche namentlich zu verhüten, dass die Fläche mit Unebenheiten aufliegt. Bei der nicht geringen Stärke des Kreidepapieres lässt sich dies leicht vermeiden. Bevor man nun durch den Schreibhebel die Curven zeichnen lässt, überzeuge man sich, dass die Metallspitze wirklich nur mit minimalem Drucke im Russ radire. Hierauf ist das allergrösste Gewicht zu legen, wenn man wirklich vollendete Curven mit dem Marey'schen Apparate verzeichnen will, und dies ist auch zugleich der schwierigste Punkt in der Technik des Curvenschreibens. Man erlangt nach längerer Uebung



bald den richtigen Blick für den Werth der Curven in dieser Beziehung. Die **Marey**'schen Curven sind meist nicht gerade besonders vollendet zu nennen, dagegen verdienen die von **Wolff** verfertigten hohes Lob. Bevor man das Curventäfelchen in Bewegung setzt, verzeichne man zuerst durch Auf- und Niedergehen des Hebels eine **ruhende** Linie (Bogenlinie oder Vertikale). Alsdann setzt man die Tafel in Bewegung. Ich halte darauf, jede Curve stets mit vollständig aufgezogener Feder des Uhrwerkes zu schreiben. Nur dann kann man sicher sein, dass das Täfelchen sich wirklich mit annähernd gleicher Geschwindigkeit bewegt, was bei ungleicher Federspannung nicht erreicht werden kann. Bei neueren **Marey**'schen Apparaten ist die Feder so kurz, dass sie schon abläuft, wenn das Täfelchen einmal passirt ist. Ist die Curve geschrieben, so wird das Papier, noch ehe das Gummi arabicum trockengeklebt ist, abgenommen. Zur **Fixirung** des Gezeichneten bediene ich mich seit längerer Zeit, nachdem ich Vielerlei versucht habe, eine Auflösung von Copalfirniss in Alkohol mit etwas Aetherzusatz, oder Canadabalsam in Benzin. (1 : 3.)

Es ist am Zweckmässigsten, diese Lösungen in grösserer Menge in einem Cylinderglase zu bewahren, durch dessen obere Oeffnung die Curventafel ganz und gar eingesteckt werden kann. Man fasst die Tafel mit einer Pincette und taucht sie in das Cylindergefäss mit Firniss, lässt den Ueberschuss des letzteren darauf ein wenig abtröpfeln und legt sie zum Trocknen auf eine Unterlagung von Makulatur. So verfertigte Curven entsprechen allen Anforderungen.

Construction der sphygmographischen Curven; Ausmessung derselben.

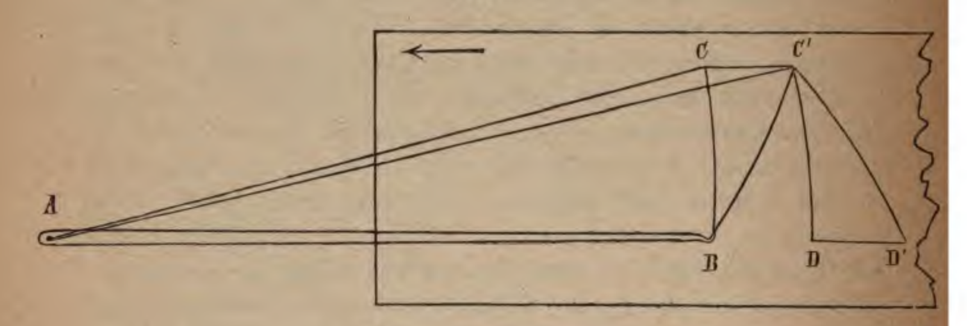
§. 25.

Der Schreibhebel des **Marey**'schen (sowie auch des **Naumann**'schen) Instrumentes schreibt bekanntlich unter Bogenführung, da die Zeichenspitze beim Auf- und Niedergehen einen Theil eines Kreises beschreibt. Es ist dies unzweifelhaft ein Mangel des Instrumentes, weil hierdurch die eigentliche Gestalt der Puls-

curven verzerrt wird. Es ist daher nothwendig, dass wir uns zunächst klar machen, nach welchem Gesetze das Aufzeichnen vor sich geht.

Ist das Täfelchen zunächst in **Ruhe**, und wird nun der Hebel erhoben, so wird natürlich auf dem berussten Papier ein Theil eines Kreises beschrieben, dessen Radius gleich ist der Länge des Zeichenhebels von der Einlenkungsstelle bis zur Schreibspitze, — in meinem Instrumente $r = 151$ MM. Diese Bogenlinie ist zur Orientirung der folgenden Curventheile von grosser Bedeutung und man sollte am Anfang einer jeden Curvenreihe stets zuerst eine solche verzeichnen lassen. Ich nenne diese Linie die **ruhende Bogenlinie**, oder schlechtweg **die Bogenlinie** *BC*.

Fig. 15.



Nun bewegt sich aber beim Aufnehmen der Curven das Täfelchen des Sphygmographen mit gleichmässiger Geschwindigkeit in horizontaler Richtung weiter, und zwar an meinem Apparate mit einer solchen von 9 MM. in 1 Sekunde. Hierdurch ist es bedingt, dass die vom Schreibhebel beim Auf- und Niedergehen verzeichneten Linien keine Kreisabschnitte mehr sein können. Da die Geschwindigkeit der Bewegung des Täfelchens wenigstens annähernd gleich gross ist, so werden die verzeichneten Linien um so mehr von der Kreislinie abweichen, je langsamer der Hebel seine Bewegungen macht. Nur in dem Falle, dass die Geschwindigkeit der Hebelbewegung unendlich gross wäre im Vergleich zur Bewegung des Täfelchens, würden die gezeichneten Linien Kreisabschnitte bleiben.

Die vorstehende Figur 15. macht uns den Gang der Zeichenspitze während des Curvenzeichnens klar. Wäre das Täfelchen in Ruhe, so würde offenbar beim Aufwärtsgehen des Hebels der Endpunkt des Radius *A B*, nämlich *B*, den Kreisbogenabschnitt *B C* zeichnen und die Hebelspitze würde sich am Ende der Hubzeit in *C* befinden. Nun hat sich aber während dieser Hubzeit das Täfelchen um die Strecke *CC'* weiter bewegt, wir werden daher nach der Hubzeit die Spitze des Zeichenhebels in *C'* antreffen. Die Verbindungslinie *BC'* ist kein Kreisbogen, sondern der Theil einer Spirale, welche aus der Kreislinie in der Weise hervorgegangen gedacht werden kann, dass der Radius der letzteren *AB* während der Aufwärtsbewegung des Endpunktes *B* sich allmählich verlängert, in bestimmtem Verhältniss zur Fortbewegungsgeschwindigkeit des Täfelchens und zur Hubgeschwindigkeit des Hebels. Bewegte sich sowohl das Curventäfelchen, als auch der Schreibhebel völlig gleichmässig, so entstände eine regelmässige Spirallinie. Da die Bewegung des Hebels aber stets eine in allen ihren Theilen variable ist, so ist auch die Spirale eine unregelmässige. Beim Niedergehen des Schreibhebels von *C'* sind ganz ähnliche Momente wirksam Wäre das Täfelchen in Ruhe, so fänden wir nach vollendeter Fallzeit die Spitze in *D* und *C'D* wäre ein Kreisbogen; da sich aber das Täfelchen während der Fallzeit von *D* nach *D'* weiter bewegt hat, so beschreibt die Zeichenspitze den Abschnitt der Spirale *C'D'*.

Da nun alle Theile der Pulscurven durch Auf- und Niedergehen des Zeichenhebels gebildet werden, so ist es einleuchtend, dass die gesammte Pulscurve aus Spiralabschnitten zusammengesetzt ist. Die Spirale resultirt aus zwei Bewegungen: aus der annähernd constanten horizontalen Bewegung der Tafel, und aus der in ihrer Geschwindigkeit variablen Kreisbewegung der Zeichenspitze.

Ist die erste dieser Bewegungen $= 0$, oder unendlich klein im Verhältniss zur anderen, so entsteht die Bogenlinie, ist letztere $= 0$, so schreibt der Zeichenhebel eine horizontale gerade Linie.

Die Ausmessung dieser so verzeichneten Curven geschieht nun mittelst Bogenordinaten in folgender Weise.

Man ziehe an dem vorliegenden Curventäfelchen zuerst eine horizontale Linie, welche parallel ist mit dem unteren Rande des Curventäfelchens. Dies ist die Grundlinie der Curvenreihe, sie stellt in Bezug auf letztere die Abscissenlinie dar; je 9 MM. dieser Linie entsprechen einer Zeit von 1 Sekunde.

Nun nehme man ein genau rectanguläres Stück weissen dünnen Briefpapieres, lege dasselbe mit der einen Seite der unteren Seite des metallenen Curventäfelchens an, ziehe darauf mit der Spitze des Zeichenhebels einen Kreisbogen über das Papier und schneide letzteres endlich in der Richtung dieser Kreislinie auseinander. Diese beiden Papierstücke bilden die Ordinatenlineale, ihre Bogenabschnitte geben die Ordinaten ab, welche zur Ausmessung dienen.

Schreitet man nun zur Ausmessung der Curve, z B. der Gesammtdauer derselben, vom Beginn der Erhebung bis zum Ende des Niederfallens des Hebels, so legt man die Curventafel auf den Objecttisch eines Mikroscopes, legt dann die Grundlinien der Ordinatenlineale genau an die gezogene Grundlinie der Curvenreihe und schiebt dieselben so, dass die Bogenseite des einen hart an den Anfang, die Bogenseite des andern hart an das Ende der auszumessenden Curve stösst. Beide Bögen müssen in ihrer ganzen Ausdehnung concentrisch liegen. Hat man so die Ordinatenlineale richtig angelegt und sich mittelst einer starken Lupe nochmals von der Correctheit ihrer Position überzeugt, so misst man endlich mittelst eines Okularmikrometers den Abstand beider Bögen. Ich finde es zweckmässig, über die angelegten Ordinatenlineale eine Glasplatte zu legen, wodurch das Ausmessen erleichtert wird, weil die Bogenränder dichter auf die Curventafel durch das Gewicht des Glases angedrückt werden.

Ganz in derselben Weise, wie man die Dauer einer ganzen Curve messen kann, so gelingt es natürlich auch, einzelne Abschnitte derselben, z. B. den aufsteigenden Schenkel, den Gipfel, den absteigenden Schenkel u. s. w. zwischen die Kreisbogenordinaten zu legen und zu messen.

Die Ausmessung der Curven kann immerhin nur ein annähernd richtiges Resultat liefern. Das hat verschiedene Gründe. Einmal nämlich bewegt sich das Täfelchen nicht stets mit abso-

luter Gleichmässigkeit. Die etwaige Ungleichmässigkeit ist an meinem Instrumente allerdings innerhalb des Spatiums Einer Curve geradezu verschwindend klein. Ein zweiter Grund liegt darin, dass das Instrument immer nur bis zu einem gewissen Grade von Genauigkeit die wirklichen Bewegungen der Arterienwand verzeichnet, da die Schreibspitze des Hebels wohl niemals mit absolut sich gleichbleibendem Reibungswiderstande die Curve einradirt. Endlich muss ich hervorheben, dass namentlich bei kleineren Curven oft die scharfe Bestimmung der Grenzen, bis wohin man messen will, sehr schwierig ist. Dies gilt namentlich von den Spitzen der einzelnen Elevationen, die nicht selten so breite Kuppen besitzen, dass es schwer ist zu erkennen, wo der höchste Punkt der betreffenden Elevation liegt. Will man daher Messungen vornehmen, so wird man stets am sichersten gehen, wenn man viele anstellt und aus einer grossen Menge die Mittelwerthe zieht.

Die Construction der Curven derjenigen Sphygmographen, deren Schreibhebel senkrecht auf- und niedergeht, wie z. B. des Vierordt'schen und meines eigenen, ist einfacher. Die Curven selbst sind für die blosse Okular-Inspection leichter verständlich, weil unser Auge besser die Abweichungen von einer Senkrechten, als von einer Kreislinie taxiren kann, sie sind aber auch unter dem Mikroscope leichter ausmessbar. Da in der Ruhe des Täfelchens der Schreibhebel bei diesen Instrumenten senkrecht auf- und niedergeht, so bildet die Senkrechte die Vergleichungs- und Orientirungslinie. Wir stellen daher diese an den Anfang jeder Curvenreihe und nennen sie die ruhende Vertikale oder schlechtweg die Vertikale. Die Construction der Curve lässt sich leicht ableiten aus dem vorhin Gesagten. Bewegte sich der Schreibhebel, ähnlich wie das Täfelchen, mit ganz gleicher Geschwindigkeit auf und nieder, so würden die Curvenschenkel gerade schräg verlaufende Linien sein, Hypotenusen von rechtwinkeligen Dreiecken, deren eine Kathete durch die Hubhöhe, die andere durch den zurückgelegten Weg des Curventäfelchens gebildet würde. Da aber die Hubbewegung vielfach in ihrer Geschwindigkeit wechselt, so muss die Hypotenuse aus eben so vielen, bald steileren, bald schrägeren Abschnitten sich zusammensetzen, je nach der grösseren oder geringeren Geschwindigkeit der Hebel-

bewegung. Ist letztere $= 0$, so zeigt die Curve eine Horizontale, ist sie ferner annähernd unendlich gross, im Vergleich mit der Bewegung des Curventäfelchens, so wird eine annähernd senkrechte Linie verzeichnet werden.

Das Ausmessen dieser Curven unter dem Mikroscope mittelst des Okularmikrometers geschieht ganz ähnlich, wie bei den Marey'schen Curven. Nur werden hier selbstverständlich senkrechte Ordinaten genommen, zwei rechtwinkelige Papierstücke werden als Ordinatenlineale verwendet; der Vorgang ist im Ganzen leichter und dürfte geeigneter sein, zuverlässige Resultate zu erzielen.

Auf einen Punkt will ich schliesslich noch aufmerksam machen. Will man Curven verschiedener Täfelchen durch Ausmessen vergleichen, so mache man es sich zur Regel, stets solche zu vergleichen, welche an entsprechender Stelle des Täfelchens (vorn, in der Mitte oder hinten) stehen. Man hat dann grössere Garantie, dass die zu vergleichenden Curven wirklich bei gleich grosser Geschwindigkeit der Bewegung des Uhrwerkes gezeichnet worden sind.

Bezeichnung der Pulscurven.

§. 26.

Da die Pulscurven Bilder der Expansion und der nachfolgenden Contraction der Arterien sind, somit durch Auf- und Niedergehen des Schreibhebels verzeichnet werden, so unterscheidet man gewöhnlich den aufsteigenden Curvenschenkel und den absteigenden Schenkel und nennt den zwischen beiden liegenden Höhenpunkt den Curvengipfel.

In ihrer einfachsten Gestalt wird die Pulscurve bezeichnet als „einfache", wenn sowohl der aufsteigende Schenkel, als auch der absteigende Schenkel derselben, eine ununterbrochene Linie darstellt.

Als „anakrot" bezeichne ich*) die Curve, wenn der auf-

*) Anakrotie und Katakrotie der Pulscurven. Centralblatt f. d. mediz. Wiss. 1865. No. 30. Ich freue mich, dass diese von mir vorgeschlagene

steigende Theil derselben durch absatzartige kleinere Elevationen unterbrochen ist.

„Katakrot" endlich soll die Curve heissen, wenn der absteigende Theil derartige secundäre Elevationen darbietet.

Je nach der Zahl der Erhebungen im aufsteigenden, respective im absteigenden Theile der Pulscurve, wird dieselbe als anadikrot, anatrikrot..., beziehungsweise als katadikrot, katatrikrot u. s. w. bezeichnet.

Ich werde nachzuweisen haben, dass bei den Pulscurven, von der lebendigen Schlagader entnommen, die anakroten Erhebungen (mit einer einzigen Ausnahme) lediglich herrühren von den Oscillationen der systolisch gedehnten elastischen Arterienwand. Die katakroten Erhebungen hingegen können sowohl von den Elasticitätsschwingungen, als auch von dem Rückstoss einer positiven Welle von den Semilunarklappen der Aorta herrühren. Erstere sind kleiner, leichter sich verwischend, letztere sind grösser, mitunter sogar durch das Tastgefühl und das Auge erkennbar. Man hat daher an den katakroten Erhebungen der Pulscurven die „Elasticitätsschwankungen" von den „Rückstosselevationen" zu unterscheiden.*)

Bei der Bezeichnung der Pulscurven kommt weiterhin noch in Betracht die Grundlinie; sie ist eine Linie, welche parallel der unteren Seite des metallenen Curventäfelchens verläuft. Sind die Curven einer Reihe theils näher, theils entfernter der Grundlinie verzeichnet, so entspricht das einer veränderten Spannung in dem betreffenden Arterienrohre.

Endlich ist noch der „ruhenden Bogenlinie" oder der „ruhenden Vertikalen" zu gedenken. Die erstere zeichnet der Sphygmograph, der unter Bogenführung registrirt, die letztere der, dessen Zeichenhebel senkrecht auf- und niedergeht. Man er-

---

Nomenklatur nicht allein in physiologischen Schriften, sondern auch in praktisch medizinischen Werken Eingang gefunden hat. Vgl. Friedreich, Herzkrankheiten Virchow's Path. u. Therapie. 2. Auflage. Erlangen 1867. pag. 50. ffg.

*) L. Landois: Zwei verschiedene Ursachen der katakroten Erhebungen an den Pulscurven. Centr.-Bl. f. d. mediz. Wiss. 1869. No. 48.

hält diese Linie, wenn man bei ruhiger Tafel den Zeichenhebel einmal hebt oder senkt.

Diese Linie ist insofern wichtig, als man ihr gegenüber die Abweichungen des aufsteigenden und absteigenden Curvenschenkels bemessen kann.

Ich will an dieser Stelle noch auf einen Punkt aufmerkam machen, der bis dahin übersehen wurde: er betrifft die Gestalt des aufsteigenden Schenkels der Curve. Dieselbe ist weder eine senkrechte noch schräge Linie, sondern sie zeigt stets eine langgestreckt S-förmige Gestalt. Bei den Curven, die von elastischen Schläuchen entnommen sind, kann sie sogar übereinander eine doppelt S-förmige Biegung zeigen. Diese Biegung rührt her von der ersten Elasticitätsschwankung im systolischen Theile der Pulsbewegnng, wovon Unten des Genaueren die Rede sein soll.

Die Betastung des Pulses.

§. 27.

Die Betastung des Pulses kann zwar am Krankenbette, wenn sie mit Sorgfalt ausgeführt wird, wichtige Aufschlüsse über die Qualität der Pulsbewegungen liefern, die für die Prognose und die Behandlungsweise von weittragendem Einfluss sein können, doch lassen sich durch sie allein keine Wahrnehmungen machen, welche allen den wirklich an dem Arterienrohre vorhandenen Bewegungserscheinungen entsprechen.

Gehen wir zunächst auf den normalen Puls ein: unermittelt bleibt durch die Betastung allein zunächst die Pulsceleritát, das heisst, das Verhältniss der Zeitdauer der Expansion des Arterienrohres zu der Contraction desselben. Dies hat schon ein alter Arzt, Joseph Struth*), zugegeben, der sich mit vielem Eifer dem Studium der Pulse im 16. Jahrhunderte zuwandte. Rhythmi non noscentur, — sagt er — nisi integra tempora distensionis et contractionis noscantur. — Quod vero ignota sint integra tempora motus utriusque, inde constat, quoniam et motus distentionis et

---

*) Sphygmica ar[illegible] Basil. 1555. pag. 120.

contractionis integer, nobis cognitus esse non potest. Gewiss alle Physiologen werden diesen Satz gegenwärtig unterschreiben.

Es lässt sich weiterhin in manchen Fällen durch den Tastsinn Nichts, in manchen nur Ungenügendes ermitteln über die Rückstosselevationen im Stadium der Arteriencontraction, so lange sie nicht bis zum völlig ausgebildeten P. dicrotus sich gestaltet haben. In sehr seltenen Fällen erlangen wir ferner tastend einen Aufschluss über die Elasticitäts - Elevationen während der Contraction, niemals aber über die Schwankungen der Arterienwand während der systolischen Pulsphase.

Ungenau ermittelt bleibt ferner das Grössenverhältniss der einzelnen Pulse unter einander, gänzlich unermittelt hingegen der Einfluss der Respirationsbewegungen auf die einzelne Pulsbewegung. Noch viele andere Eigenschaften des normalen Pulses könnte ich anführen, und an ihnen zeigen, wie wenig zureichend die blosse Betastung für die Erkenntniss der Pulsbewegung in der That ist. Und nun erst das Heer der pathologischen Pulse mit ihren vielfältigen Uebergängen und Modifikationen. Schon dieser erste Blick auf dieses uns vorliegende Gebiet sollte gebieterisch von jedem wohlgeschulten Pathologen, wie vom Physiologen die instrumentale Erforschung des Pulses erfordern, vom ersteren namentlich in allen fieberhaften Krankheiten, Krankheiten des Herzens und der Gefässe, Krankheiten wichtiger Sekretionsapparate (Nieren, Leber, Haut) bei Neurosen der verschiedensten Art und bei allen Vergiftungen Wollen wir hoffen und eifrig dahin streben, dass die Zeit hierfür nicht zu fern liege.

Seitdem durch die Untersuchungen festgestellt worden ist, dass die katakroten, durch den Sphygmographen verzeichneten Erhebungen an den Pulscurven auch unter ganz normalen Verhältnissen zur Beobachtung kommen, ist auch in der Lehre von der Betastung des Pulses ein entsprechender Fortschritt gemacht worden. Wir sind in dieser Beziehung vornehmlich O. J. B Wolff*) zum Danke verpflichtet, dessen Angaben ich nach vielen Richtungen hin bestätigen kann. Man findet nämlich, dass die Katakrotie des Pulses, d. h. eine Nachbewegung im Stadium der

*) Charakteristik des Arterienpulses. Leipzig 1865. pag. 141—144.

Arteriencontraction, in vielen Fällen noch unzweifelhaft zu fühlen ist, in denen man dieselbe früher aus Unkenntniss der Verhältnisse übersehen hat. Es verdient hier vor allen anderen Schlagadern die Arteria brachialis in der Ellenbeuge untersucht zu werden. Man lasse den zu untersuchenden Arm leicht im Ellenbogen- und Handgelenk gebeugt, halb supinirt, halb pronirt auf sicherer Unterlage unbeweglich ruhen.

Die 3 mittleren Finger der Rechten lege man hammerartig, flectirt auf das Gefäss, weder zu stark, noch zu schwach dasselbe belastend, den pulsatorischen Bewegungen des Gefässes leicht nachgebend. Vielfältige Uebung verleiht auch hier erst die rechte Sicherheit.

Bei Individuen jenseits des 50. Lebensjahres mit weiten, jedoch nicht atheromatös entarteten Schlagadern und nicht übermässigem Blut- und Fettreichthum gelingt es in der That in sehr vielen Fällen an der Art. cubitalis einen deutlichen Doppelschlag zu fühlen. Der zweite Schlag ist nicht von derselben Grösse, als der primäre Stoss und er erfolgt eher, als die Contraction vollendet ist. In seltenen Fällen konnte ich sogar noch einen dritten, jedoch ungleich weniger deutlichen Stoss herausfühlen. Letzteres gelang mir indessen nur bei mageren Individuen, bei denen die Art. cubitalis besonders leicht mit den tastenden Fingern zu erreichen war. Ich will erwähnen, dass schon Galenus beim Doppelschläger mitunter einen dritten schwachen Schlag gefühlt zu haben angibt. Der zuerst gefühlte Doppelschlag entspricht, wie ich mich durch eine nach der Betastung sorgfältig aufgenommene Curvenreihe überzeugte, der Rückstosselevation, der dritte schwächer gefühlte Stoss entsprach einer Elasticitätselevation. Ich liess bei der Aufnahme solcher Curven die Feder, so gut ich es abschätzen konnte, mit ungefähr gleicher Kraft auf das Gefäss drücken, wie ich mit den Fingern beim Tasten gedrückt hatte.

Wer sich an der Art. cubitalis eines passenden älteren Individuums auf das Tasten der katakroten Erhebungen einmal eingeübt hat, der wird nun auch nicht selten dasselbe Phänomen, wenngleich in ungleich schwächerem Grade bei Leuten mittleren Alters wiederfinden. Bei fettreichen und vollblütigen Leuten mit

straffer Fascie und engen Arterien habe ich die Erhebungen nicht fühlen können, niemals auch bei Kindern.

Ich mache hier endlich noch besonders darauf aufmerksam, dass man bei manchen Personen in der Art. carotis, — selten fand ich es, und zwar bei mageren Personen, auch an der Art. subclavia, — einen deutlichen zweiten Stoss, welcher, wie ich glaube, von dem klappenden Schluss der Semilunarklappen der Aorta herrührt, fühlen kann. Es pflanzt sich dieser für den tastenden Finger bemerkliche Bewegungsimpuls jedoch nicht weiter, als bis in diese grossen Schlagadern fort. Dass dieser geringere zweite diastolische Stoss wirklich herrührt von dem Verschluss der Semilunarklappen, erkenne ich auf das Unzweideutigste daran, dass er fast momentan sich dem zweiten Herztone anschliesst. Um disem Stosse nachzuspüren, auskultire man die Herzspitze, während man mit den 3 mittleren Fingern der Rechten die Art. carotis betastet. Soviel mir bekannt geworden ist, hat noch kein anderer Forscher auf diesen Nachschlag aufmerksam gemacht.

Um vollständig zu sein, wollen wir noch nachtragen, dass es in früheren Zeiten nicht an Stimmen gefehlt hat, welche die durch das Tastgefühl wahrnehmbare Pulsation der Schlagadern für ein Artefact erklärt haben. So glaubte Arthaud, der Puls beruhe auf dem Andrange des Blutes gegen das durch den Druck des Fingers angebrachte Hinderniss, einer Ansicht, welcher sich Burdach*) und Parry, letzterer nach seinen Beobachtungen an blossgelegten Schlagadern, anzuschliessen beliebt haben. Doch hat schon Jäger diese Irrthümer erfolgreich bestritten.

Ich will bei dieser Gelegenheit noch eine Beobachtung anknüpfen über das Pulsiren der ihrer Gefässscheiden entblössten Schlagadern. Es ist schon eine den alten Physiologen und Chirurgen nicht unbekannt gebliebene Erscheinung, dass blossgelegte Schlagadern der Thiere und des Menschen geringere Pulsationen ausführen, als nicht entblösste. Ja der Puls kann ver-

*) Physiologie IV. 226

schwindend klein werden. Non rarum est, — sagt der erfahrene Albrecht v. Haller, — in vivo animale inciso pulsum nullum adparere, neque videri arterias dilatari.

Ich weiss es aus Erfahrung, dass selbst Gefässe, wie die Carotis und Brachialis, die man vor ihrer Bloslegung noch stark klopfen fühlte, nach Wegnahme der Gefässscheide auffallend gering pulsirten. Das kann den ungeübten Operateur, der die Lage der Schlagader an ihrer Pulsation bestimmen möchte, in unangenehmer Weise täuschen. Ich kann zu dieser Beobachtung noch hinzufügen, dass kleinere Schlagadern, deren Wandungen schon reichlichere Muskelelemente enthalten, die Erscheinung in einem noch viel höherem Maase zeigen, so dass es hier schwer hält, überhaupt noch den Puls zu fühlen. Ich weiss nicht, ob schon vordem eine Erklärung dieser Erscheinung versucht ist. Sie beruht auf einem Krampf der contractilen Faserzellen der Gefässwand, der sich späterhin eine Parese anschliessen kann. Die Ergiebigkeit der Pulsbewegungen hängt in so wesentlichem Grade mit davon ab, dass die Faserzellen nach jeder Systole die Röhre energisch verengern. Diese Bewegung ist eine peristaltische und erfasst in rascher Folge centrifugal verlaufend alle Muskelfasern der sämmtlichen Arterien. Sind die Fasern krampfhaft contrahirt, so wird die Pulsbewegung dadurch verkleinert, dass das Rohr sich nicht normalmässig systolisch erweitern kann. Sind die Fasern paralysirt, so wird die Bewegung dadurch minder ergiebig, dass das Rohr nach vollendeter Systole sich nicht auf einen geringeren Durchmesser zusammenziehen kann. Bei der Blosslegung werden die Gefässnerven gereizt oder zerschnitten.

Die Inspection des Pulses.

§. 28.

An solchen Körperstellen, an denen grössere Schlagadern von relativ wenigen Weichtheilen überdeckt verlaufen, gelingt es oft mehr oder weniger deutlich die Bewegungen derselben zu beobachten: so z. B. an der Art. carotis bei hintenüber gebeugtem Kopfe, an der Art. temporalis superficialis, an der Art. radialis

und an der Art. pediaea. Auch hier zeigen sich die Erscheinungen am deutlichsten an grossen mageren Individuen über 50 Jahren mit grossen nicht zu stark gefüllten Schlagadern, jedoch ohne atheromatöse Entartung. Am besten eignen sich jedoch zur Inspection die Arteriae radialis und temporalis superficialis.

Man kann sich nun in vielen Fällen davon überzeugen, dass die Zeit der Dilatation des Gefässrohres kürzere Zeit in Anspruch nimmt, als die Contraction desselben.

Ich habe zuerst die Beobachtung gemacht,*) dass man an der Art. radialis, — und ebenso verhält es sich mit der Art. temporalis superficialis, mitunter auch mit der Art. carotis im Trigonum cervicale superius, — in der Periode der Contraction der Gefässwand das Phänomen der einfachen Katakrotie in vielen Fällen bei sonst ganz und gar normalen Pulsbewegungen durch die Haut ohne alle Vorrichtung durch die einfache Inspection constatiren könne.

Bei vielen Personen kann man nämlich die Art. radialis am Handgelenke als kleinen pulsirenden Hügel äusserlich erkennen Hält man nun, am besten bei recht intensiver Beleuchtung, etwa bei direct auffallendem Sonnenlichte, die Hand in der Weise, dass von dem Hügel ein Schatten auf die nächstliegenden Hautpartien geworfen wird, so kann man in den meisten Fällen an dem Schatten entweder mit blossem Auge oder mit der Loupe einen zweiten Schlag nach der ersten Bewegung auf das unzweifelhafteste nachfolgen sehen. Der erkennbare Nachschlag entspricht der Rückstosselevation. Ich habe seit meiner ersten Publikation das Phänomen bei einer sehr grossen Anzahl von Individuen wiedergefunden und es oft Anderen demonstriren können. Wenn sich die katakrote Erhebung auch, wie gesagt, am deutlichsten bei älteren mageren Individuen erkennen lässt, so finde ich dieselbe gleichwohl auch bei jungen und nicht gerade mageren. Wenn man bei anscheinend recht passenden Personen das Phänomen mitunter vergebens sucht, so liegt dies zumeist daran, dass die Arterie, sei es in ihrer Lage, sei es in ihrer Theilung, Abweichungen darbietet.

*) L. Landois: Anakrotie und Katakrotie der Pulscurven. Central-Bl. f. d. mediz. Wiss. 1865. No. 30.

Nichts ist geeigneter, das Phänomen der Katakrotie am normalen Pulse ausser jedem Zweifel zu setzen, als die directe Inspection und von diesem Gesichtspunkte aus verdient dieselbe allerdings bei der Besprechung der Methoden der Pulsuntersuchungen besonders gewürdigt zu werden. Im Uebrigen sind von ihr keine weiteren Aufklärungen über die Natur der Pulsbewegungen zu erwarten.

Den Pulsbewegungen blossgelegter Schlagadern haben schon früher verschiedene Forscher ihr Augenmerk zugewandt. Betrachtet man irgend einen Punkt einer längeren freigelegten Strecke einer Schlagader, so erkennt man unschwer, dass dieser Punkt entsprechend der systolischen Bewegung des Herzens sich vom Herzen weg peripherisch ein wenig fortschiebt, bei der Diastole hingegen sich wieder rückwärts richtet gegen das Herz hin.

Diese Ortsbewegung des beobachteten Punktes schätzt Parry an der Carotis des Pferdes auf ungefähr 1 Linie, Bell sogar auf 3 Linien. Nach meinen eigenen Beobachtungen an Hunden ist diese Bewegung bis zu einem gewissen Punkte um so ergiebiger, je völliger und weiter man die Carotis isolirt hat. Ist die Arterie indessen durch das umgebende Bindegewebe noch an der Grundlage fixirt, so dass keine freie Bewegung ermöglicht ist, so kann die Verlängerung derselben bei der Systole nicht anders zum Ausdruck gelangen und sichtbar werden, als durch eine Schlängelung oder seitliche Krümmung. Jos. Weitbrecht, Schreiber, Chladni und Lamure haben auf diese Krümmung zuerst die Aufmerksamkeit gerichtet.

Ausser dieser Ortsbewegung erkennt man aber auch an der blossgelegten Arterie deutlich eine systolische Erweiterung, Verdickung. Diese Bewegung, welche man namentlich an den Schlagadern des Mesenteriums so schön erkennen kann, ist merkwürdiger Weise früher von bedeutenden Stimmführern unserer Wissenschaft, wie von Lamure, Staehel, Alb. v. Haller, Döllinger, Parry, Rudolphi und Jäger bestritten worden. Dahingegen beobachtete schon Spallanzani,*) dass die Aorta

*) cf. Burdach, Physiologie. IV. 227.

eines Salamanders, welche er behufs genauerer Betrachtung ihrer Ausdehnung mit einem Ringe umgürtet hatte, bei der Systole in der Nähe des Herzens um $\frac{1}{3}$, weiter abwärts aber nur um $\frac{1}{20}$ ihres Durchmessers sich erweiterte.

Dieselbe Erscheinung nahm dieser Forscher wahr an der Pulmonalis, an den grösseren Aesten der Aorta, an der Mesenterica, nicht hingegen an den kleineren Schlagadern. Indessen nahm er im Ganzen bei jeder Ortsbewegung einer Arterie auch eine Erweiterung und Zusammenziehung derselben an.

Stephan Hales nahm an, dass von der durch das Herz in die Schlagadern eingetriebenen Blutmenge $\frac{2}{3}$ zur Dilatirung derselben verwendet würden Nach Borelli verhalten sich die Maasse der erweiterten Schlagader zur contrahirten wie 63 : 60, doch legt Alb. v. Haller auf sein Calcul wenig Gewicht. Boissier taxirte die systolische Dilatation der Aorta auf $\frac{1}{4}$ einer Linie, Weitbrecht sogar auf eine ganze Linie. Sed ego quidem haec omnia nondum liquere video, setzt zweifelnd Alb. v. Haller*) hinzu.

Magendie bestätigte die systolische Erweiterung für die Aorta und für die blossgelegte Carotis beim Pferde, jedoch nicht für kleinere Zweige. Hastings legte um die Aorta einer Katze ein dicht umschliessendes Band und erkannte fast beständig, dass während der Diastole eine Lücke zwischen der Oberfläche des Gefässes und dem Bande sich bildete, welche bei der folgenden Systole wieder verschwand.

Wir haben schon Oben erwähnt, dass Poiseuille auf den Gedanken kam, diesen Ring durch ein röhrenartiges Kästchen von etwas grösserer Weite zu ersetzen, den Zwischenraum zwischen Schlagader und Kastenwand mit Wasser zu füllen, welches in ein communicirendes Manometerröhrchen hinein ausweichen konnte. Aehnliche Resultate wie Poiseuille erhielten Oesterreicher, Segalas und Wedemeyer; letzterer bestimmte die systolische Erweiterung der Radialis auf $\frac{1}{5}$ Linie.

Auch die Beobachtungen von Schultz an den Schlagadern der Hühnerembryonen lehrten, dass bei der Systole neben der

---

*) Elementa physiologiae Tom. II. pag. 239.

Verlängerung auch eine Erweiterung der Schlagadern statthabe, was ich unbedingt bestätigen kann.

Im Anschlusse an das Vorgetragene will ich hier noch einige Punkte erwähnen, welche mit der Inspection des Pulses wenigstens in entfernterer Beziehung stehen.

1. Dikrotie am hervorsprudelnden Arterienblute. — Wenn in Wahrheit der sogenannte Doppelschlag des Pulses eine normale Erscheinung ist, hervorgerufen durch eine besondere Welle im Arterienblute, so muss sich auch, da mit jeder Bergwelle die intraarterielle Spannung ansteigt, am hervorsprudelnden Arterienblute die primäre Pulswelle und ihr Nachschlag zu erkennen geben. Und das ist, wie ich gefunden habe, wirklich der Fall. Das systolische Hervorspritzen des Blutes aus einer verletzten Arterie ist seit Alters bekannt, die Verstärkung des Strahles, entsprechend der Rückstosswelle, war bisher unbekannt. Um letztere zu zeigen, verfuhr ich in folgender Weise. Ich lege die Art. femoralis eines grossen Hundes unterhalb der Inguinalbeuge bloss, und steche dieselbe mittelst einer dicken Nadel auf der vorderen Fläche derart an, dass das Blut hervorquillt.

Man überzeugt sich alsdann auf das Unzweideutigste, dass das Hervorquillen des Blutes allemal bei jeder Systole anwächst und ausserdem nach derselben genau zu der Zeit, welche dem Eintritte der Rückstosswelle entspricht. Letzteres Anwachsen des Blutquells ist jedoch beträchtlich kleiner, als das erste systolische. Der tastende Finger fühlt nur den primären Pulsschlag ganz allein. —

2. Uebertragung des Pulsschlages und des dikrotischen Nachschlages auf die Luft der geöffneten Mundhöhle. — Lässt man durch eine leichte Senkung des Unterkiefers bei geöffneten Lippen in die Mundhöhle die Luft eintreten, so kann man bei einfacher Vorrichtung an der Mundhöhlen-Luft den Pulsschlag und den Nachschlag desselben leicht erkennen. Es genügt schon, zwischen den etwa $\frac{1}{2}$ Zoll geöffneten Lippen von zähem Speichel eine Blase zu bilden, auf welche man zweckmässig helles, an der Blase sich reflectirendes, Licht fallen lässt, und

diese Blase bei aller Ruhe in einem Spiegel zu beobachten. Durch den weichen Gaumen sperrt man die Mundhöhle von der Nasenhöhle ab. Besser noch nimmt man zwischen die Lippen ein kurzes Stück einer Glasröhre von $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser, an deren Ende man durch Seifenwasser eine Blase gemacht hat. Der Pulsschlag und seine Rückstosswelle übertragen sich auf die Mundhöhlenluft hauptsächlich durch die Hebung, die der Unterkiefer durch den Schlag der Arteriae maxillares externae erfährt, wodurch eine Verkleinerung der geöffneten Höhle statthaben muss. Unterstützend wirken in gleichem Sinne, jedoch schwächer die Schwellung der Zunge durch die Raninae, kaum wohl noch die der Wangen durch die Wangenschlagadern.

Lässt man bei geschlossenen Nasenöffnungen die Luft der Mundhöhle communiciren mit der der Athmungsorgane (bei freihängendem Velum), so erkennt man oft bei jeder Systole des Herzens statt der Vorwölbung der Blase ein Rückweichen derselben. Dies rührt davon her, weil bei jeder Systole das Herz sich verkleinert und demgemäss in den Lungen, die des verkleinerten Herzens Raum sofort durch Dehnung ausfüllen, ein Zurückweichen der Athmungsluft stattfindet. Wir haben also in der Mundhöhle bei jeder Systole eine entgegengesetzte Bewegung der Luft, als in der Luft der Luftröhre und der Bronchien. Beide gleichen sich einigermaassen aus, wenn Mundhöhle und Athmungsweg communiciren. In der Regel aber prävalirt die centripetale Luftströmung, die die Verkleinerung des Herzens bedingt. Letztere wird noch deutlicher, wenn man die centrifugale Luftbewegung der Mundhöhle ausschliesst, indem man ein weites Glasrohr bis tief in die Rachenhöhle einschiebt und dasselbe fest mit den Zähnen und Lippen umfasst, wobei die Nasenöffnungen geschlossen werden.

3. Doppelschlägige Bewegung des über das Knie des anderen Schenkels geschlagenen Unterschenkels. — Besagte Bewegung, die Jeder sofort zur Beobachtung bringen kann, ist von den Gegnern des normalen Doppeschlages nicht als Beweis für diesen zugelassen worden. Allein mit Unrecht. Das einfache Experiment ist mit bestem Rechte für die Existenz desselben anzuführen.

4. Entoptisches Phänomen der Pulsbewegung. — Ich habe bei mir die Beobachtung gemacht, dass nach lebhaften körperlichen Anstrengungen bei erregter Herzaction die Pulsbewegung in den Retinalgefässen sich zu erkennen gibt. Das Phänomen besteht darin, dass bei geschlossenen Augen und tiefer Verdunkelung des Gesichtsfeldes isochron mit dem Pulsschlage ein Lichtschein über das ganze Feld aufblitzt. Ist das Gesichtsfeld bei geschlossenen Lidern durch Wendung des Gesichtes gegen helles Licht bereits erhellt, so markirt sich die Erscheinung als eine momentane Beschattung.

Meine Versuche, während dieses Phänomens die Gefässschattenfigur zu erregen und an dieser etwa noch genauere Details der Bewegung zu erkennen, scheiterten insgesammt.

5. Zuckung des Musculus sphincter palpebrarum isochron mit dem Pulsschlage. — Ich beobachte nicht selten bei mir, dass isochron mit dem Pulsschlag der M. sphincter palpebrarum beider Augen sich leicht zuckend zusammenzieht. Dabei ist kein klopfendes Gefühl in den Lidern vorhanden, noch auch die vorbeschriebene subjective Lichtempfindung. Ich halte dafür, dass diese Zuckungen auf reflectorischem Wege zu Stande kommen durch Reizung der sensitiven Nerven des Sehorgans durch die systolisch dilatirten Gefässe Es steht mit dieser Annahme nicht in Widerspruch das Fehlen des subjectiven Gefühles dieser Dehnung. Die Beobachtung würde vielmehr dafür sprechen, dass es zur Auslösung dieses Reflexes einer geringeren Irritation bedarf, als zur bewussten Wahrnehmung dieser letzteren.

Die Auskultation des Pulses.

§. 29.

Töne und Geräusche im Innern der Schlagadern sind schon seit längerer Zeit Gegenstand der auskultatorischen Untersuchung gewesen. Ich sehe hier natürlich von jenen Tönen ab, die vom Herzen aus, namentlich vom zweiten Tone (vom Semilunarklappenschluss) sich eine Strecke weit bis in die grossen Schlagadern



fortpflanzen, ich sehe ferner ab von den Geräuschen, welche, oft mit deutlich fühlbarem Schwirren vereinigt, schon lange den Aerzten innerhalb aneurysmatischer Erweiterungen bekannt sind. Das Geräusch kann hier einfach, doppelt und selbst aussetzend sein; es erklärt sich aus den Reibungen und Stössen, welche das Blut gegen die ungleichmässigen Wände, in den Buchten, an den theils lockeren, theils festen Gerinnungsmassen im Aneurysma erleidet.

Drückt man eine normale Schlagader, an welcher man unter gewöhnlichen Verhältnissen kein Geräusch wahrnimmt, zusammen, so dass die Blutmasse nur noch durch einen verhältnissmäsig sehr engen Raum hindurchpassiren kann, so erhält man oft ein blasendes Geräusch, welches oft auch der aufgelegte Finger als ein Schwirren erkennt. Besonders leicht erkennt man dieses an der Arteria femoralis in der Schenkelbeuge. Man hat diese Blasegeräusche auch an elastischen Röhren, die man mit Einschnürungen versah, künstlich reproducirt. Heynsius, Donders, Th. Weber, L Conrad, W. Jenner, Chauveau und Marey haben uns zum Theil mit den Bedingungen bekannt gemacht, unter denen Geräusche dieser Art in den Adern entstehen können. Letzterer Forscher hat namentlich in dem 24. und 25. Capitel seines grösseren Werkes den Blasegeräuschen im Cirkulationsapparate besondere Aufmerksamkeit geschenkt und die verschiedenen Arten dieser Geräusche künstlich nachzuahmen versucht.

Ausser diesen Geräuschen kommen in Arterien, welche ein nicht zu geringes Caliber besitzen, unter ganz normalen Verhältnissen Geräusche vor, welche von den Oscillationen der Schlagaderwandungen herrühren. Am bekanntesten unter diesen und am meisten untersucht ist das sogenannte Gebärmuttergeräusch, welches nicht nur in den Schlagadern des schwangeren Uterus vorkommt, sondern auch dann, wenn Tumoren denselben oder das Becken erfüllen. (Pernice.)

Auch das Nabelstranggeräusch, welches in den Umbilikalarterien des Nabelstrangs entsteht, gehört hierher. Mitunter hat man auch beobachtet, dass Arterien, welche sonst nicht tönen, wie die Arteria radialis, dorsalis pedis, des Arcus volaris

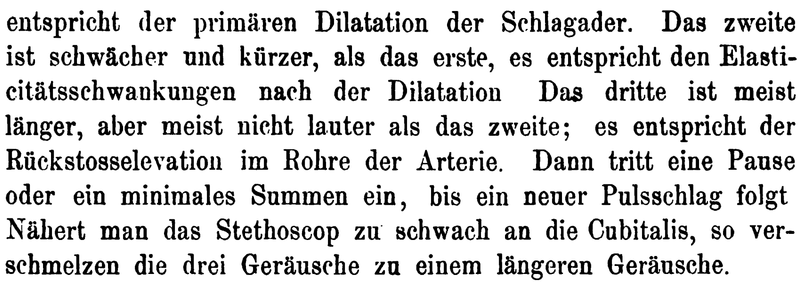
superficialis bei Hypertrophie des linken Ventrikels oder starken Herzschlägen überhaupt laut hörbar vibriren.*)

Die genauesten Mittheilungen über die Auskultation des normalen Pulses hat O. J B. Wolff**) gegeben, dessen Angaben ich in den meisten Punkten bestätigen kann. Nur soll man nicht denken, dass man die nunmehr zu beschreibenden Geräusche beim ersten besten Versuche sofort wahrnehmen müsse, die Pulsauskultation ist, was hervorgehoben zu werden verdient, ein difficiles Gebiet, welches Studium und Sorgfalt erfordert. Am besten bedient man sich eines unten ziemlich engen Stethoscopes. Nachdem man an der Cubitalis zuerst durch Tasten sich überzeugt hat, in welcher Lage der Schlag der Arterie am deutlichsten zu fühlen ist, setze man in dieser Position vorsichtig das Hörrohr auf und vermeide es vor allen Dingen behutsamst mit dem Kopfe irgendwelchen Druck gegen das Gefäss auszuüben. Bei sehr mageren Leuten, bei denen die Schlagader nur durch die dünne Haut und Fascie vom Hörrohr getrennt ist, vernimmt man isochronisch mit der Dehnung der Arterie ein blasendes Geräusch. Bei fettreichen und straffen Armen muss man jedoch, um das Geräusch zu hören, einen allmählich gesteigerten leichten Druck in Anwendung bringen. Das Geräusch wird verstärkt und zugleich höher, wenn man den Druck ein wenig verstärkt. Drückt man nun noch tiefer ein und zwar soweit, dass der Puls in der Art radialis aufhört, so entsteht statt des Geräusches ein etwas tiefer klingender Ton Dieser Ton, der ganz offenbar ein künstlicher, kein physiologischer ist, ist insofern wichtig, als er uns zeigt, wann der Druck bereits das passende Maass überschritten habe. Der Druck muss also behufs der Pulsauskultation geringer sein.

Hat man den passenden Druck herausgefunden, so hört man bei mageren Individuen mittleren Alters, — wie Wolff richtig herausgefunden hat, — drei Geräusche auf jeden Pulsschlag. Das erste Geräusch ist das stärkste, andauerndste und accentuirte, es

*) Vgl. Bamberger, Herzkrankheiten pag. 96. 97. — Pickford, Henle und Pfeuffer's Zeitschr. Bd. IV. 1846. pag. 231—265.

**) Charakteristik des Arterienpulses. Leipzig 1865. pag 144-151.



entspricht der primären Dilatation der Schlagader. Das zweite ist schwächer und kürzer, als das erste, es entspricht den Elasticitätsschwankungen nach der Dilatation Das dritte ist meist länger, aber meist nicht lauter als das zweite; es entspricht der Rückstosselevation im Rohre der Arterie. Dann tritt eine Pause oder ein minimales Summen ein, bis ein neuer Pulsschlag folgt Nähert man das Stethoscop zu schwach an die Cubitalis, so verschmelzen die drei Geräusche zu einem längeren Geräusche.

Bei Greisen erkennt man bei richtig abgemessenem Drucke leicht zwei Geräusche, welche der primären und der Rückstosselevation entsprechen. Der fühlbar dikrotische Puls liefert in ähnlicher Weise zwei Geräusche. Vermehrt man den Druck des Hörrohres sowohl bei Greisen, als auch beim doppelschlägigen Pulse, so nehmen die Geräusche eine mitunter sehr deutliche tonähnliche Färbung an.

Auch die Art. radialis liefert ein meist immer hörbares Geräusch, welches bei verstärktem Drucke gleichfalls leicht Tonfärbung annimmt. In der Regel hört man hier aber nur Ein Geräusch, nur bei verstärkter Thätigkeit der Schlagader oder bei sehr grossem Caliber und sehr oberflächlicher Lage des Gefässes vernimmt man die Geräusche, wie an der Cubitalis. Zwei Geräusche lassen sich bei ausgesprochenem Pulsus dicrotus wahrnehmen.

Will man sich über die Geräusche in den Arterien belehren, so rathe ich zur Untersuchung der Cubitalis, da die der Radialis nicht allein meist schwieriger ist, sondern auch oft nur Ein Geräusch erkennen lässt

In der Arteria pediaea hört man stets nur ein einfaches Geräusch.

Ich will hier schliesslich noch auf eine besondere Art von Selbst-Auskultation des Pulses aufmerksam machen, die mir zu jeder Zeit ohne alle Vorbereitung leicht in's Werk setzen können und durch welche wir unzweifelhaft erfahren, dass der Doppelschlag ein normales Phänomen der Pulsbewegung sei. Es bezieht sich der nun zu beschreibende Versuch nur auf die Arteriae maxillares externae. Nähert man nämlich den Unterkiefer bis auf einen höchst schmalen Abstand an den Oberkiefer, so wird

man bei jedem Pulsschlage in den benannten beiden Schlagadern deutlich hören, wie die Schneidezähne des Unterkiefers gegen die des Oberkiefers anschlagen.

Dieses geschieht aber nicht mit Einem Anschlage, sondern in zwei deutlich abgesetzten kurzen Stössen, von denen der erste stärker ist, als der zweite. Man vollführt dieses höchst einfache Experiment am besten bei ruhiger Rückenlage.*)

Ich habe schon erwähnt, dass ein sausendes Geräusch und schwirrende Vibration in einem grossen arteriellen Gefässe entsteht, wenn man, z. B. an der Art. femoralis mit dem Finger eine Compression ausübt, wodurch das Lumen der Schlagader an dieser Stelle verkleinert wird. Ganz dasselbe konnte ich an elastischen Röhren bewirken, durch welche unter hohem Druck Wasser hindurchgetrieben wurde. Das Rohr gerieth an Stelle der Compression in deutlich sichtbare schnelle Vibrationen, deren sausendes Geräusch sich eine ganze Strecke weit im Gefässe fortsetzte. Sausende Geräusche in den Arterien würden hiernach auf Ungleichheiten in ihrem Lumen zurückzuführen sein, wie sie an Theilungsstellen und bedeutenden Schlängelungen vorkommen. Je stärker der Blutdruck, desto stärker ist im Allgemeinen das Geräusch; deshalb und wegen des geringen Calibers vermisst man das Geräusch auch in den kleinen Schlagadern.

Wellenbewegung und Strombewegung des Blutes in den Schlagadern.

§. 30.

Schon im vorigen Jahrhundert hat es nicht an Versuchen gefehlt, die Strom- und Wellenbewegung des Blutes in den Schlagadern zu erforschen und die Gesetze, nach welchen dieselben vor sich gehen, zu enthüllen. Es lag nicht fern, bei diesen Bestre-

*) L. Landois, Archiv für Anatomie, Physiologie etc. von Reichert und Dubois-Reymond. 1864. pag. 90

bungen zunächst nach einfachen Versuchen an elastischen Röhren zu greifen, in welche man intermittirend Wasser einströmen liess. In dem Nachlasse Euler's hat man aus dem Jahre 1775 eine hierherzielende Abhandlung vorgefunden.*) Er ahmte die Wellen- und Strombewegung des Blutes zuerst dadurch nach, dass er mit einer Spritze Wasser in eine elastische Röhre periodisch eintrieb. Allein der grosse Mathematiker sah bald ein, dass sich auf diese Weise kein umfassendes Resultat erzielen lasse, welches alle bei der Cirkulation in Betracht kommenden Verhältnisse mit mathematischer Genauigkeit aufklärte, ja er hielt sogar eine Anwendung derartiger Versuche auf die Verhältnisse des Kreislaufes für eine Aufgabe, deren exakten Lösung der menschliche Geist überhaupt nicht gewachsen sei. „In motu sanguinis explicando .... offendimus insuperabiles difficultates."**)

Im Anfange dieses Jahrhunderts widmete der berühmte Physiker Th. Young demselben Probleme seine Kräfte. Er kam unter anderen zu dem Resultate, dass die Schnelligkeit der Welle im elastischen Rohre oder der Pulswelle in der Schlagader annähernd der Geschwindigkeit gleichkomme, welche ein freifallender Körper im luftleeren Raume erlangen würde, wenn die Fallhöhe der halben Druckhöhe der in der elastischen Röhre eingeschlossenen Flüssigkeit gliche. Young untersuchte weiterhin die Wellenbewegungen in strömenden Flüssigkeiten, wobei er auf das schärfste die Wellenbewegung, als die Bewegung einer Form, trennte von der Strombewegung, als der Bewegung der Masse. Er verglich die Pulswelle im Blutstrome vollkommen richtig mit den Wasserwellen auf einem strömenden Gewässer, oder mit den Tonwellen in einer durch den Wind fortbewegten Luftmasse.

Auch Volkmann hat in seiner Hämodynamik werthvolle Untersuchungen über die Bewegung von Flüssigkeiten durch

*) Valentin, Versuch einer physiologischen Pathologie des Herzens. Leipzig und Heidelberg 1866. pag. 148.

**) L. Euler, Principia pro motu sanguinis per arterias determinando. Opera postuma mathematica et physica. Tome II. Petropoli 1862. pag. 823.

elastische Röhren hindurch bei wechselnden Drucken niedergelegt. Die Grundlage unserer gegenwärtigen Kenntnisse über die Wellen- und Strombewegung des Blutes in den Schlagadern bilden jedoch die lichtvollen Arbeiten von E. H. Weber.*) Dieser Forscher studirte die Wellenbewegungen zunächst an elastischen Cautschuck-Röhren und am isolirten Dünndarme. Er fand, dass in elastischen Cautschuckröhren sich die erregte Welle mit einer Geschwindigkeit von 11259 MM. (= 33′ 19″ Par.) fortbewegte, einerlei, ob die Welle eine positive, (Berg- oder Spannungswelle,) oder aber eine negative, (Thal- oder Abspannungswelle) war. Bei starker Spannung der Röhrenwandung verschwand die Wellenbewegung schneller als bei schwacher Füllung, auch wurde die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, obwohl nur sehr unbedeutend, vermindert. Wurde nämlich die Spannung im Rohre 437 Mal grösser genommen, als der anfangs bestehende Druck von 8 MM. Wasser, so nahm die Fortpflanzungsgeschwindigkeit etwa um ein Achtel ab.

Die Geschwindigkeit der Fortbewegung der erregten Wellen war gleich, ob die Wellen schnell oder langsam erregt wurden, und ebenfalls gleich, ob viel oder wenig Flüssigkeit in das Rohr eingetrieben wurde. Der Werth der lebendigen Kraft der Wellen ist also ohne Einfluss auf die Schnelligkeit ihrer Fortbewegung. Nach der Theorie von Wilhelm Weber müssten sich in Röhren von grossem Durchmesser die Pulswellen schneller fortbewegen als in engen. Im mässig mit Wasser gedehnten Dünndarme bewegten sich die Wellen mehr als zehn Mal langsamer, als im elastischen Cautschuckrohre, zugleich aber fand sich, dass die Spannung des Darmes von grossem Einflusse auf die Schnelligkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen war.

Aus der Zeitdifferenz des Eintrittes des Pulses in der Art. maxillaris externa und pediaea berechnete E. H. Weber die Schnelligkeit der Fortbewegung der Pulswelle in der lebendigen

---

*) E. H. Weber: Ueber die Anwendung der Wellenlehre auf die Lehre vom Kreislaufe des Blutes und insbesondere auf die Pulslehre. Berichte über die Verhandlungen der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften zu Leipzig. Math physik. Klasse. Bd. I 1850. p. 164. — Müller's Archiv. 1852. p. 497.

entspricht der primären Dilatation der Schlagader. Das zweite ist schwächer und kürzer, als das erste, es entspricht den Elasticitätsschwankungen nach der Dilatation Das dritte ist meist länger, aber meist nicht lauter als das zweite; es entspricht der Rückstosselevation im Rohre der Arterie. Dann tritt eine Pause oder ein minimales Summen ein, bis ein neuer Pulsschlag folgt Nähert man das Stethoscop zu schwach an die Cubitalis, so verschmelzen die drei Geräusche zu einem längeren Geräusche.

Bei Greisen erkennt man bei richtig abgemessenem Drucke leicht zwei Geräusche, welche der primären und der Rückstosselevation entsprechen. Der fühlbar dikrotische Puls liefert in ähnlicher Weise zwei Geräusche. Vermehrt man den Druck des Hörrohres sowohl bei Greisen, als auch beim doppelschlägigen Pulse, so nehmen die Geräusche eine mitunter sehr deutliche tonähnliche Färbung an.

Auch die Art. radialis liefert ein meist immer hörbares Geräusch, welches bei verstärktem Drucke gleichfalls leicht Tonfärbung annimmt. In der Regel hört man hier aber nur Ein Geräusch, nur bei verstärkter Thätigkeit der Schlagader oder bei sehr grossem Caliber und sehr oberflächlicher Lage des Gefässes vernimmt man die Geräusche, wie an der Cubitalis. Zwei Geräusche lassen sich bei ausgesprochenem Pulsus dicrotus wahrnehmen.

Will man sich über die Geräusche in den Arterien belehren, so rathe ich zur Untersuchung der Cubitalis, da die der Radialis nicht allein meist schwieriger ist, sondern auch oft nur Ein Geräusch erkennen lässt

In der Arteria pediaea hört man stets nur ein einfaches Geräusch.

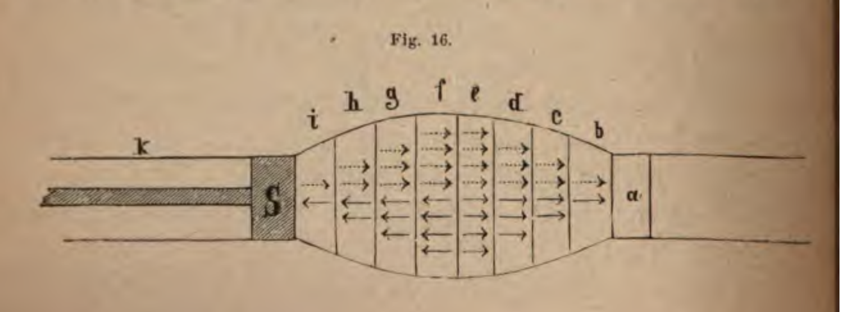
Ich will hier schliesslich noch auf eine besondere Art von Selbst-Auskultation des Pulses aufmerksam machen, die mir zu jeder Zeit ohne alle Vorbereitung leicht in's Werk setzen können und durch welche wir unzweifelhaft erfahren, dass der Doppelschlag ein normales Phänomen der Pulsbewegung sei. Es bezieht sich der nun zu beschreibende Versuch nur auf die Arteriae maxillares externae. Nähert man nämlich den Unterkiefer bis auf einen höchst schmalen Abstand an den Oberkiefer, so wird

Eintreiben des bestimmten Quantums fliesst anfangs nur relativ wenig ab und es folgt der Ausfluss des Restes erst, nachdem die eintreibende Kraft bereits zur Ruhe gekommen ist.

Treibt man periodisch gleich grosse Flüssigkeitsmengen in ein starres Rohr ein, so tritt allemal mit jedem Stosse die entsprechende Masse wiederum aus und das Ausfliessen dauert gerade so lange, als der Stoss, und die Pause zwischen zwei Ausflüssen ist stets gleich der Pause zwischen zwei Stössen. Bei elastischen Röhren ist dies Verhältniss ein anderes. Da nach dem Stosse das Ausfliessen der Flüssigkeit noch eine Zeit lang anhält, so werden wir an elastischen Röhren allemal dann einen continuirlichen Ausflussstrom erzeugen können, wenn wir die Zeit zwischen zwei Eintreibungen der Flüssigkeitsmengen etwas kürzer nehmen, als die Dauer des Ausströmens nach vollendetem Stosse beträgt. So erzeugt also ein periodisches Eintreiben von Flüssigkeiten in starre Röhren ein isochrones, scharf abgesetztes Ausfliessen und das Ausströmen kann erst dann dauernd werden, wenn auch das Einströmen dauernd ist. Bei den elastischen Röhren hingegen erzeugt unter den besprochenen Verhältnissen ein intermittirendes Einströmen ein continuirliches Ausfliessen mit systolischer Verstärkung.

E. H Weber hat uns in folgender Weise die Bewegung erläutert, welche die durch einen Stempel in eine elastische Röhre eingetriebene Flüssigkeit hervorruft. „Eine den Verhältnissen entsprechende Vorstellung erhält man, wenn man sich die von der Flüssigkeit erfüllte und ausgedehnte elastische Röhre durch unveränderliche Grenzen, die den Querschnitten der Röhre entsprechen, in Abtheilungen (Röhrenelemente) *a b c d e f g h i* getheilt denkt.

Fig. 16.



entspricht der primären Dilatation der Schlagader. Das zweite ist schwächer und kürzer, als das erste, es entspricht den Elasticitätsschwankungen nach der Dilatation Das dritte ist meist länger, aber meist nicht lauter als das zweite; es entspricht der Rückstosselevation im Rohre der Arterie. Dann tritt eine Pause oder ein minimales Summen ein, bis ein neuer Pulsschlag folgt Nähert man das Stethoscop zu schwach an die Cubitalis, so verschmelzen die drei Geräusche zu einem längeren Geräusche.

Bei Greisen erkennt man bei richtig abgemessenem Drucke leicht zwei Geräusche, welche der primären und der Rückstosselevation entsprechen. Der fühlbar dikrotische Puls liefert in ähnlicher Weise zwei Geräusche. Vermehrt man den Druck des Hörrohres sowohl bei Greisen, als auch beim doppelschlägigen Pulse, so nehmen die Geräusche eine mitunter sehr deutliche tonähnliche Färbung an.

Auch die Art. radialis liefert ein meist immer hörbares Geräusch, welches bei verstärktem Drucke gleichfalls leicht Tonfärbung annimmt. In der Regel hört man hier aber nur Ein Geräusch, nur bei verstärkter Thätigkeit der Schlagader oder bei sehr grossem Caliber und sehr oberflächlicher Lage des Gefässes vernimmt man die Geräusche, wie an der Cubitalis. Zwei Geräusche lassen sich bei ausgesprochenem Pulsus dicrotus wahrnehmen.

Will man sich über die Geräusche in den Arterien belehren, so rathe ich zur Untersuchung der Cubitalis, da die der Radialis nicht allein meist schwieriger ist, sondern auch oft nur Ein Geräusch erkennen lässt

In der Arteria pediaea hört man stets nur ein einfaches Geräusch.

Ich will hier schliesslich noch auf eine besondere Art von Selbst-Auskultation des Pulses aufmerksam machen, die mir zu jeder Zeit ohne alle Vorbereitung leicht in's Werk setzen können und durch welche wir unzweifelhaft erfahren, dass der Doppelschlag ein normales Phänomen der Pulsbewegung sei. Es bezieht sich der nun zu beschreibende Versuch nur auf die Arteriae maxillares externae. Nähert man nämlich den Unterkiefer bis auf einen höchst schmalen Abstand an den Oberkiefer, so wird

Welle in der Abtheilung *f*, in welche durch den scheibenförmigen kleinen Querschnitt zwischen *f* und *g* weniger Flüssigkeit nach *f* hineindringt, als durch den scheibenförmigen grossen Querschnitt zwischen *f* und *e* aus *f* heraustritt, und dasselbe gilt von den Röhrenabtheilungen *h* und *i*."

Befände sich die elastische Röhre während des periodischen Eintreibens gleich grosser Flüssigkeitsmengen auch in den Pausen noch in einer gewissen Spannung und wäre nun ferner die Menge der in dieselbe eingetriebenen Flüssigkeit nur so gross, dass durch die Dehnung die Elasticität der Wand nicht ihre Grenze erreichte, wären ferner die gleich grossen Pausen so abgemessen, dass die Röhre allemal wieder Zeit hätte, das frühere Volumen bei demselben Drucke anzunehmen, dann liesse sich die Wellenform durch einen mathematischen Ausdruck darstellen. Dieses ist aber nicht möglich, sobald die Stösse sich in ungleichen Zeitläufen folgen, und der Zustand des Rohres wechselt.

Das ist der Grund, wesshalb sich die Wellenbewegung in der lebendigen Schlagader der mathematischen Berechnung entzieht. Denn das Herz zieht sich wohl niemals in ganz gleichen Pausen zusammen; das Blutquantum bei jeder Systole ist auch nicht stets constant. Dazu kommt, dass in Folge der Contraction der Muskelelemente in den Arterien die Elasticität der Wandungen wechseln kann und dass aus eben derselben Ursache der Abfluss sehr verschieden gross sein kann. Störend auf den gleichen Gang der Pulswellen wirkt dann noch der Einfluss der Respirationsbewegungen.

Valentin*) hat die Umstände zusammengefasst, welche sich vereinigen, um die Wellenhöhen zu erniedrigen, wenn die Wellen elastische Röhren durchlaufen, die sich wiederholt verzweigen, so dass die Gesammtsumme der Querprofile des Flussbettes fortschreitend zunimmt.

Einmal liegt der Grund für die Erniedrigung darin, dass mit dem Wachsthum des Querschnittes das Material der Röhrenwandung vergrössert wird. Eine zweite Ursache müssen wir darin suchen, dass die Reibungen in den Röhren den Druck abschwächen.

*) L. c. pag. 156. §. 209.

entspricht der primären Dilatation der Schlagader. Das zweite ist schwächer und kürzer, als das erste, es entspricht den Elasticitätsschwankungen nach der Dilatation Das dritte ist meist länger, aber meist nicht lauter als das zweite; es entspricht der Rückstosselevation im Rohre der Arterie. Dann tritt eine Pause oder ein minimales Summen ein, bis ein neuer Pulsschlag folgt Nähert man das Stethoscop zu schwach an die Cubitalis, so verschmelzen die drei Geräusche zu einem längeren Geräusche.

Bei Greisen erkennt man bei richtig abgemessenem Drucke leicht zwei Geräusche, welche der primären und der Rückstosselevation entsprechen. Der fühlbar dikrotische Puls liefert in ähnlicher Weise zwei Geräusche. Vermehrt man den Druck des Hörrohres sowohl bei Greisen, als auch beim doppelschlägigen Pulse, so nehmen die Geräusche eine mitunter sehr deutliche tonähnliche Färbung an.

Auch die Art. radialis liefert ein meist immer hörbares Geräusch, welches bei verstärktem Drucke gleichfalls leicht Tonfärbung annimmt. In der Regel hört man hier aber nur Ein Geräusch, nur bei verstärkter Thätigkeit der Schlagader oder bei sehr grossem Caliber und sehr oberflächlicher Lage des Gefässes vernimmt man die Geräusche, wie an der Cubitalis. Zwei Geräusche lassen sich bei ausgesprochenem Pulsus dicrotus wahrnehmen.

Will man sich über die Geräusche in den Arterien belehren, so rathe ich zur Untersuchung der Cubitalis, da die der Radialis nicht allein meist schwieriger ist, sondern auch oft nur Ein Geräusch erkennen lässt

In der Arteria pediaea hört man stets nur ein einfaches Geräusch.

Ich will hier schliesslich noch auf eine besondere Art von Selbst-Auskultation des Pulses aufmerksam machen, die mir zu jeder Zeit ohne alle Vorbereitung leicht in's Werk setzen können und durch welche wir unzweifelhaft erfahren, dass der Doppelschlag ein normales Phänomen der Pulsbewegung sei. Es bezieht sich der nun zu beschreibende Versuch nur auf die Arteriae maxillares externae. Nähert man nämlich den Unterkiefer bis auf einen höchst schmalen Abstand an den Oberkiefer, so wird

superficialis bei Hypertrophie des linken Ventrikels oder starken Herzschlägen überhaupt laut hörbar vibriren.*)

Die genauesten Mittheilungen über die Auskultation des normalen Pulses hat O. J B. Wolff**) gegeben, dessen Angaben ich in den meisten Punkten bestätigen kann. Nur soll man nicht denken, dass man die nunmehr zu beschreibenden Geräusche beim ersten besten Versuche sofort wahrnehmen müsse, die Pulsauskultation ist, was hervorgehoben zu werden verdient, ein difficiles Gebiet, welches Studium und Sorgfalt erfordert. Am besten bedient man sich eines unten ziemlich engen Stethoscopes. Nachdem man an der Cubitalis zuerst durch Tasten sich überzeugt hat, in welcher Lage der Schlag der Arterie am deutlichsten zu fühlen ist, setze man in dieser Position vorsichtig das Hörrohr auf und vermeide es vor allen Dingen behutsamst mit dem Kopfe irgendwelchen Druck gegen das Gefäss auszuüben. Bei sehr mageren Leuten, bei denen die Schlagader nur durch die dünne Haut und Fascie vom Hörrohr getrennt ist, vernimmt man isochronisch mit der Dehnung der Arterie ein blasendes Geräusch. Bei fettreichen und straffen Armen muss man jedoch, um das Geräusch zu hören, einen allmählich gesteigerten leichten Druck in Anwendung bringen. Das Geräusch wird verstärkt und zugleich höher, wenn man den Druck ein wenig verstärkt. Drückt man nun noch tiefer ein und zwar soweit, dass der Puls in der Art radialis aufhört, so entsteht statt des Geräusches ein etwas tiefer klingender Ton Dieser Ton, der ganz offenbar ein künstlicher, kein physiologischer ist, ist insofern wichtig, als er uns zeigt, wann der Druck bereits das passende Maass überschritten habe. Der Druck muss also behufs der Pulsauskultation geringer sein.

Hat man den passenden Druck herausgefunden, so hört man bei mageren Individuen mittleren Alters, — wie Wolff richtig herausgefunden hat, — drei Geräusche auf jeden Pulsschlag. Das erste Geräusch ist das stärkste, andauerndste und accentuirte, es

---

*) Vgl. Bamberger, Herzkrankheiten pag. 96. 97. — Pickford, Henle und Pfeuffer's Zeitschr. Bd. IV. 1846. pag. 231—265.

**) Charakteristik des Arterienpulses. Leipzig 1865. pag 144 - 151

entspricht der primären Dilatation der Schlagader. Das zweite ist schwächer und kürzer, als das erste, es entspricht den Elasticitätsschwankungen nach der Dilatation Das dritte ist meist länger, aber meist nicht lauter als das zweite; es entspricht der Rückstosselevation im Rohre der Arterie. Dann tritt eine Pause oder ein minimales Summen ein, bis ein neuer Pulsschlag folgt Nähert man das Stethoscop zu schwach an die Cubitalis, so verschmelzen die drei Geräusche zu einem längeren Geräusche.

Bei Greisen erkennt man bei richtig abgemessenem Drucke leicht zwei Geräusche, welche der primären und der Rückstosselevation entsprechen. Der fühlbar dikrotische Puls liefert in ähnlicher Weise zwei Geräusche. Vermehrt man den Druck des Hörrohres sowohl bei Greisen, als auch beim doppelschlägigen Pulse, so nehmen die Geräusche eine mitunter sehr deutliche tonähnliche Färbung an.

Auch die Art. radialis liefert ein meist immer hörbares Geräusch, welches bei verstärktem Drucke gleichfalls leicht Tonfärbung annimmt. In der Regel hört man hier aber nur Ein Geräusch, nur bei verstärkter Thätigkeit der Schlagader oder bei sehr grossem Caliber und sehr oberflächlicher Lage des Gefässes vernimmt man die Geräusche, wie an der Cubitalis. Zwei Geräusche lassen sich bei ausgesprochenem Pulsus dicrotus wahrnehmen.

Will man sich über die Geräusche in den Arterien belehren, so rathe ich zur Untersuchung der Cubitalis, da die der Radialis nicht allein meist schwieriger ist, sondern auch oft nur Ein Geräusch erkennen lässt

In der Arteria pediaea hört man stets nur ein einfaches Geräusch.

Ich will hier schliesslich noch auf eine besondere Art von Selbst-Auskultation des Pulses aufmerksam machen, die mir zu jeder Zeit ohne alle Vorbereitung leicht in's Werk setzen können und durch welche wir unzweifelhaft erfahren, dass der Doppelschlag ein normales Phänomen der Pulsbewegung sei. Es bezieht sich der nun zu beschreibende Versuch nur auf die Arteriae maxillares externae. Nähert man nämlich den Unterkiefer bis auf einen höchst schmalen Abstand an den Oberkiefer, so wird

superficialis bei Hypertrophie des linken Ventrikels oder starken Herzschlägen überhaupt laut hörbar vibriren.*)

Die genauesten Mittheilungen über die Auskultation des normalen Pulses hat O. J B. Wolff**) gegeben, dessen Angaben ich in den meisten Punkten bestätigen kann. Nur soll man nicht denken, dass man die nunmehr zu beschreibenden Geräusche beim ersten besten Versuche sofort wahrnehmen müsse, die Pulsauskultation ist, was hervorgehoben zu werden verdient, ein difficiles Gebiet, welches Studium und Sorgfalt erfordert. Am besten bedient man sich eines unten ziemlich engen Stethoscopes. Nachdem man an der Cubitalis zuerst durch Tasten sich überzeugt hat, in welcher Lage der Schlag der Arterie am deutlichsten zu fühlen ist, setze man in dieser Position vorsichtig das Hörrohr auf und vermeide es vor allen Dingen behutsamst mit dem Kopfe irgendwelchen Druck gegen das Gefäss auszuüben. Bei sehr mageren Leuten, bei denen die Schlagader nur durch die dünne Haut und Fascie vom Hörrohr getrennt ist, vernimmt man isochronisch mit der Dehnung der Arterie ein blasendes Geräusch. Bei fettreichen und straffen Armen muss man jedoch, um das Geräusch zu hören, einen allmählich gesteigerten leichten Druck in Anwendung bringen. Das Geräusch wird verstärkt und zugleich höher, wenn man den Druck ein wenig verstärkt. Drückt man nun noch tiefer ein und zwar soweit, dass der Puls in der Art radialis aufhört, so entsteht statt des Geräusches ein etwas tiefer klingender Ton Dieser Ton, der ganz offenbar ein künstlicher, kein physiologischer ist, ist insofern wichtig, als er uns zeigt, wann der Druck bereits das passende Maass überschritten habe. Der Druck muss also behufs der Pulsauskultation geringer sein.

Hat man den passenden Druck herausgefunden, so hört man bei mageren Individuen mittleren Alters, — wie Wolff richtig herausgefunden hat, — drei Geräusche auf jeden Pulsschlag. Das erste Geräusch ist das stärkste, andauerndste und accentuirte, es

---

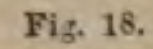
*) Vgl. Bamberger, Herzkrankheiten pag. 96. 97. -- Pickford, Henle und Pfeuffer's Zeitschr. Bd. IV. 1846. pag. 231—265.

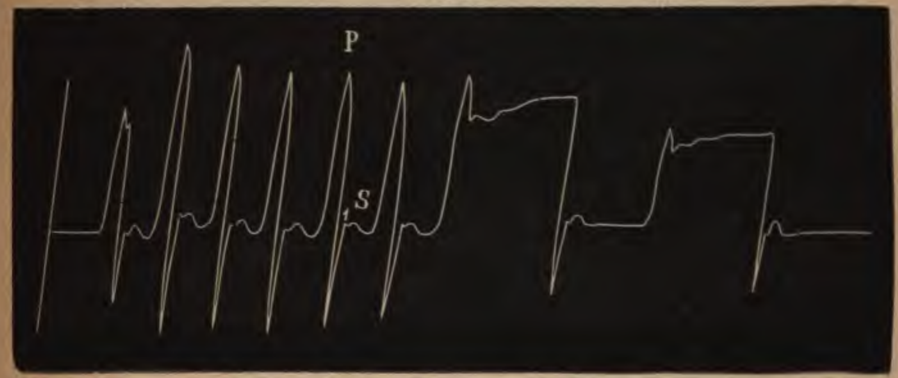
**) Charakteristik des Arterienpulses. Leipzig 1865. pag 144 - 151

verhält sich die Flüssigkeit in ihrer Wirkung auf die elastischen Wandungen des Rohres. Ein mit der Röhrenwandung in Verbindung gebrachter sphygmographischer Apparat wird daher nach dem systolischen Einströmen der Flüssigkeit zuerst grössere, nach und nach aber geringere Elevationen verzeichnen, bis endlich die Ruhe der Wandung durch eine nicht mehr unterbrochene horizontale Linie angedeutet wird. (S. Figur 17. 1. 2. 3.)

Wird nunmehr, nachdem die Röhrenwandung vollkommene Ruhe in der Dehnung erlangt hat, plötzlich das Einströmen der Flüssigkeit unterbrochen, so tritt eine der beschriebenen systolischen Bewegungen vielfältig analoge diastolische auf. Die bis dahin gedehnte Gefässwand geht unter oscillirenden Bewegungen in den ursprünglichen nicht gedehnten Zustand wieder zurück. Man mag diese Bewegungen ganz im Allgemeinen als diastolische Schwingungen bezeichnen. (Figur 17. D.)

Dauert das Einströmen des Wassers nur eine kurze Zeit, so ist keine Gelegenheit geboten, dass die systolischen Schwingungen zur Erscheinung kommen. Vgl. Figur 18.


Fig. 18.



Wir beobachten demnach nur eine einfache systolische Elevation Fig. 18 *P*. und an diese schliesst sich unmittelbar die diastolische Bewegung an. Es ist ferner einleuchtend, dass wenn man der beginnenden Diastole momentan wieder die Systole folgen lässt, auch die diastolischen Schwingungen in Wegfall kommen.

In Figur 18. sehen wir rechts sowohl die systolischen, als

auch die diastolischen Bewegungen völlig ausgeprägt, links sind die systolischen bis auf die erste Elevation aufgehoben und die diastolischen sind beschränkt. Es ist aus der Figur selbst ersichtlich, dass man es ganz und gar in seiner Gewalt hat, die systolischen und die diastolischen Elevationen durch das Einströmenlassen und Absperren des Wassers zu beschränken oder sich frei entfalten zu lassen.

Bei den pulsatorischen Bewegungen, welche durch das Einströmen des Blutes in die elastischen Arterienröhren zu Stande kommen, fallen die systolischen Bewegungen in der Regel aus, weil bei ruhigem Pulse das Zuströmen etwa nur 0,309 — 0,346 Sekunden (bei ungefähr 55 Pulsen in der Minute) dauert,*) eine Zeit, welche zur Entfaltung der Schwingungen nicht hinreicht. Dahingegen ist für die wenigstens theilweise Ausbildung der diastolischen Elevationen unter gewöhnlichen Verhältnissen Zeit genug vorhanden. Es ist daher auch die Betrachtung der letzteren für die Erklärung der Pulsbewegungen von grösserer Wichtigkeit.

Ausgehend von der bekannten Bezeichnung des doppelschlägigen Pulses als Pulsus dicrotus, bei welchem bekanntlich eine diastolische Welle von besonderer Grösse in die Erscheinung tritt, habe ich die Pulse, an denen diastolische Elevationen zu erkennen sind, mit dem Namen der katakroten Pulse bezeichnet, diejenigen aber, welche systolische Schwingungen darbieten, anakrote Pulse genannt.**)

Wir werden zuerst auf die Untersuchung der katakroten (diastolischen) Elevationen an den Pulswellen, welche in elastischen Schläuchen hervorgebracht werden, eingehen, sodann auf die analogen Phänomene, wie sie durch den Sphygmographen an den Arterien verzeichnet werden. Diesen Betrachtungen sollen sich anschliessen die Erforschung der anakroten Elevationen am elastischen Schlauche und an der Arterie.

---

*) L. Landois, neue Bestimmung der zeitlichen Verhältnisse bei der Contraction der Vorhöfe, der Ventrikel etc. am Herzen des Menschen. Centralblatt für die mediz. Wissenschaften. 1866. No 12.

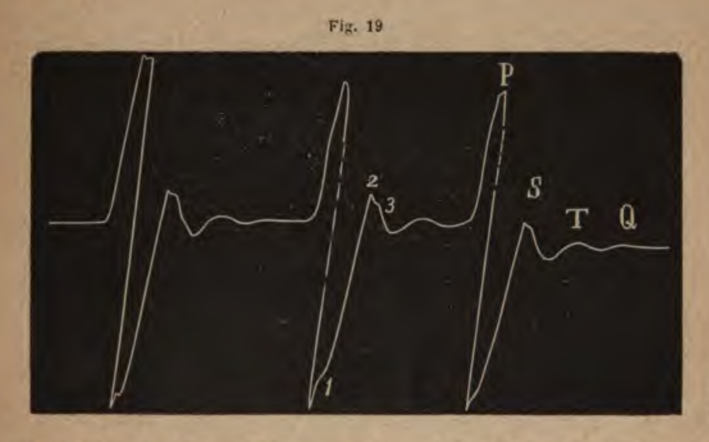
**) L. Landois, Anakrotie und Katakrotie der Pulscurven Centralblatt für die mediz Wissenschaften. 1865. No. 30.

Ueber die Ursache der katakroten Erhebungen an den von elastischen Röhren entnommenen Pulscurven.

§. 33.

Wir wollen unsere Untersuchungen über die katakroten Elevationen an den Pulscurven beginnen mit einer Analyse der in Figur 19. gegebenen Curve.

Fig. 19



Die Curve ist von einem nicht vulkanisirten Cautschuckrohre gewonnen, welches 10 MM. im Lichten hielt, dessen Wand $1\frac{1}{3}$ MM. dick war. Ein viereckiges 18 MM. breites und 28 MM. langes Stück aus der Wand herausgeschnitten, verlängerte sich bei einer Belastung

von 200 Grammes auf 29 MM.,
bei 500 " " 36 "
bei 700 " " 42 "

Auch die noch folgenden Curven sind demselben Rohre entnommen, wenn nicht besonders das Gegentheil angeführt ist. Die Gesammtlänge des Rohres betrug 255 CM.; mein Angiograph belastet mit 50 Grammes, war von dem Ende des Rohres entfernt angebracht 40 CM.; die stromunterbrechende Messingleiste war 18 CM. vom Sphygmographen entfernt. An das Ende dieses Rohres war mittels einer kurzen Glasröhre ein 116 CM. langes, 7 MM. im Lichten haltendes Cautschuckansatzrohr angebracht, aus dessen

Ende das Wasser frei abfloss. Der Seitendruck bei freiem Durchströmen des Wassers betrug 52 MM. Quecksilber.

Eine aufmerksame Betrachtung der Curve Fig. 19 zeigt uns, dass an derselben zwei ganz differente Bewegungserscheinungen Ausdruck gefunden haben. Weitaus am auffälligsten zeigen sich die nach der primären Pulswelle P auftretenden mit S, T und Q bezeichneten sekundären, tertiären, selbst quarternären Elevationen, die ich als erste, zweite, dritte u. s. w. Rückstosswelle bezeichne.

Die Ursache für das Auftreten der Rückstosswellen liegt in Folgendem. Wenn die Flüssigkeit das elastische Rohr in den höchsten Grad der Ausdehnung versetzt hat und es wird nun plötzlich das Einströmen derselben unterbrochen, so streben die elastischen Wandungen sich wieder zusammenzuziehen und das Lumen der Röhre wieder zu verengern. Diese der ausdehnenden Kraft der Flüssigkeit entgegengesetzte Bewegung beginnt am offenen Ende der Röhre, weil hier das sofort abfliessende Wasser am allerwenigsten Widerstand bereitet. Die Contraction der elastischen Röhrenwandung bringt das Wasser zum Ausweichen: an der Peripherie kann es ungehindert ausfliessen, — gegen die centrale Verschlussstelle aber geworfen prallt es hier ab. Durch das Anprallen wird eine positive Welle erregt und diese läuft nun ihrerseits wieder von der Verschlussstelle an durch das ganze Rohr bis zum Ende desselben. Ist diese Rückstosswelle hinreichend gross, so wiederholt sich dasselbe Phänomen und es können so hintereinander sogar eine Anzahl von Rückstosswellen entstehen, die stets niedriger werden, bis sie endlich an der Röhrenwandung keine Bewegungen mehr veranlassen können. Aus der Beobachtung dieses Ganges, welchen die Rückstosswellen nehmen, geht das allgemeine Gesetz hervor: die Rückstosswellen erscheinen an einem elastischen Schlauche um so später, je länger derselbe ist. Man kann ohne grosse Mühe sich die Richtigkeit dieses wichtigen Fundamentalsatzes an jeder beliebigen, in oben beschriebener Weise hergerichteten, elastischen Röhre vor Augen führen.

Ich habe schon früher Versuche mitgetheilt, um den Gang der Rückstosswellen, das Zurückprallen der positiven Wellen von

der Verschlussstelle direct mit den Augen zu beobachten.*) Zwar ist die im elastischen Rohre sich fortbewegende Welle keine fortlaufende Masse, sondern nur eine sich bewegende Form, nichts destoweniger aber bewegen sich dennoch die Wassertheilchen oder kleine in dem Wasser suspendirte Körperchen, während eine Bergwelle vorübergeht, in derselben Richtung ein Stück vorwärts, in welcher die Welle fortschreitet. Da wir es hier nur mit positiven oder Bergwellen zu thun haben, so muss jedesmal die Richtung, nach welcher kleine Körperchen in dem Wasser sich hin bewegen, auch zugleich die Richtung des Laufes der positiven Welle anzeigen. Ich nahm nun eine Glasröhre, deren Wand an einer Stelle eine feine Durchbohrung hatte und liess durch das Bohrloch ein zartes Baumwollenfädchen bis in die Mitte des Lumens hineinragen, verschloss dann genau die seitliche Oeffnung wieder und schaltete die Röhre in Mitten einer langen Cautschuckröhre ein. Die Glasröhre vertrat die Stelle des Sphygmographen, das Fädchen zeigte in seiner Bewegung den Lauf der Wellen auf das Deutlichste an. Es wurde nun die Verschlussstelle anfangs nahe, sodann stets weiter von dem Fädchen gegen die Wasserquelle hin verlegt, wodurch die Gesammtlänge der elastischen Cautschuckröhre entsprechend zunahm, und es wurden dann jedesmal die Wellen gerade so erregt, wie bei den sphygmographischen Versuchen. Hierbei zeigte das flottirende Fädchen jedesmal die charakteristische Bewegung: zuerst wurde es durch die primäre Welle nach der Peripherie, sodann wiederum in der Richtung gegen die Verschlussstelle, dann durch die Rückstosselevation wieder gegen die Peripherie hinbewegt und so fort, ebenso oft als eine neue Rückstosswelle zur Ausbildung gelangte. Die den Rückstosswellen entsprechenden Bewegungen erfolgten um so später, je weiter der Abstand der Verschlussstelle von dem Fädchen genommen war, d. h. je länger der elastische Schlauch im Ganzen war, vollkommen ähnlich die Bewegungen des Schreibhebels des Sphygmographen, wenn er die Rückstosswellen verzeichnet.

---

*) L. Landois, die normale Gestalt der Pulscurven. Archiv für Anatomie, Physiologie etc. von Reichert und Dubois-Reymond. 1864. p. 86 ffg.

Der folgende Versuch bezweckte gleichfalls den Gang der Rückstosswellen direct mit den Augen zu beobachten. Es wurde hierzu der Dünndarm eines Kaninchens genommen; derselbe wurde vorsichtig vom Mesenterium frei präparirt und sodann in den Versuchsschlauch von Cautschuck eingeschaltet. Der Wasserdruck musste aber bei diesem Versuche, um ein Zerreissen des Darmes zu vermeiden, um Vieles schwächer genommen werden. Die Wellen, welche man in einem nur mässig mit Wasser gefüllten und wenig gespannten Darme erregt, bewegen sich in demselben mehr als zehnmal langsamer, als im Cautschuckrohre. „Daher eignen sich“ — wie E. H. Weber*) mit Recht bemerkt und worin ich ihm völlig beipflichten muss, — „die in einem mit Wasser erfüllten Darme erregten Wellen sehr, um die Wellen unmittelbar mit den Augen zu verfolgen und die den Wellen zukommenden Erscheinungen zu beobachten. Hier sieht man ohne Weiteres das Fortschreiten der positiven Wellen und der negativen Wellen. Man sieht die Reflexion derselben an dem geschlossenen Ende des Darmes, wobei die Bergwelle sich nicht in eine Thalwelle verwandelt, sondern Bergwelle bleibt, und umgekehrt.“

An dem Kaninchendarme wurde der Sphygmograph applicirt und die Verschlussstelle in wechselnder Entfernung angebracht. Es wurde nun stets beobachtet, dass beim Oeffnen zuerst eine positive, die primäre, Welle gegen den Sphygmographen lief und dessen Schreibhebel erhob. Nach dem Verschluss lief sodann eine positive Welle wieder gegen die Verschlussstelle, prallte hier ab, blieb positive Welle und hob sodann wiederum peripherisch laufend den Schreibhebel als Rückstosswelle zum zweiten Male.

Noch in einer anderen Weise kann man sich den Gang der Rückstosswellen direct vor Augen führen. In das Ende des zur Wellenerregung benutzten Cautschuckschlauches binde man eine 6 — 10 CM. lange Glasröhre ein. Lässt man nun das Wasser in kurzen Pausen einströmen, so sieht man, wie nach jedem Einströmen des Wassers ein Strahl aus der Endglasröhre hervorspritzt. Aber es folgt diesem Strahle noch ein

*) Berichte über die Verhandlungen der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. 1850.

